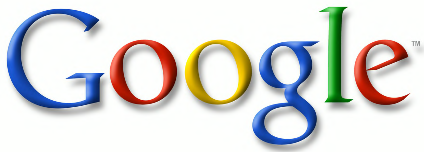
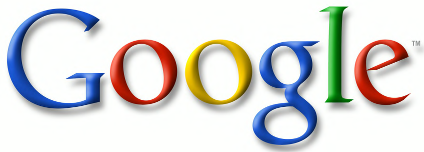
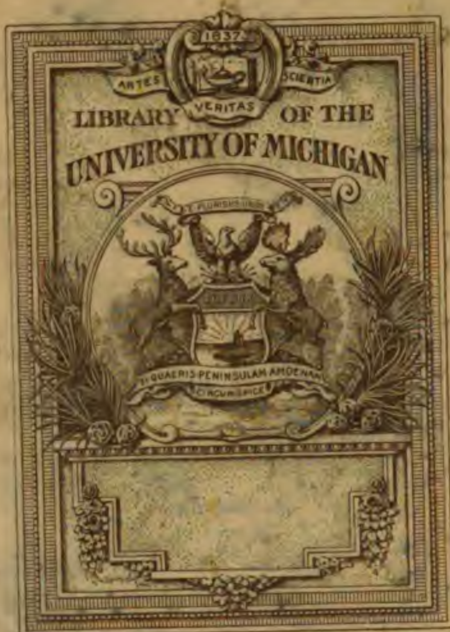
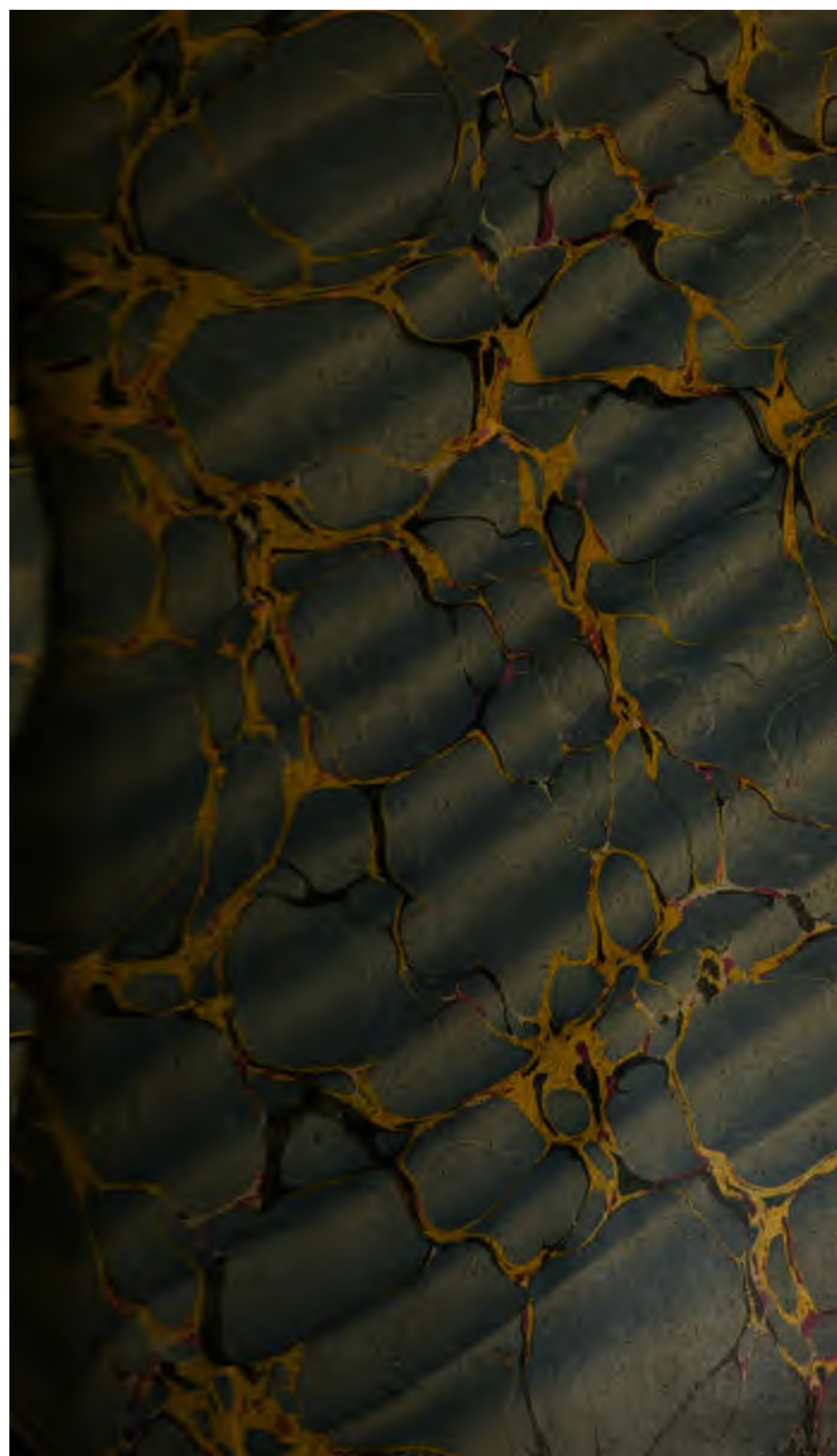

Google




1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE





ANNALES

DES

PONTS ET CHAUSSÉES

1re PARTIE

MÉMOIRES ET DOCUMENTS

7e SÉRIE

8e ANNÉE

1898

1er TRIMESTRE

EXTRAIT DU CAHIER DES CHARGES

DE L'ÉDITEUR DES ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

(Période 1881-1900)

Conditions stipulées au profit des auteurs :

Vingt-cinq exemplaires seront remis à chacun des auteurs des mémoires publiés.

. . . .

Mme Dunod devra exécuter, pour le compte des auteurs qui en auront fait la demande au moment même où ils enverront leurs manuscrits à l'Administration, et sur l'avis qui lui en sera donné, des tirages à part de leurs mémoires aux prix suivants :

1° Par *feuille de texte* et pour le premier cent d'exemplaires, 10 francs ; pour chaque centaine en plus, 5 francs ;

2° Par *planche* et par cent exemplaires, 10 francs ;

3° Pour *brochage, couverture et faux frais :* pour une feuille de texte seule, 2 fr. 50 ; pour chaque feuille supplémentaire et chaque planche, 25 centimes ;

4° Pour un *titre spécial imprimé*, 10 francs.

Les auteurs qui ne pourraient s'entendre avec Mme Dunod pour la publication et la vente de leurs mémoires extraits des *Annales* qu'ils voudraient publier séparément pourront, avec l'autorisation de l'Administration, traiter avec tout autre éditeur et, dans ce cas, les planches et les bois des *Annales* pourront leur être prêtés pour les tirages qu'ils auront à faire ; mais la mise en vente de leurs mémoires ne pourra avoir lieu qu'un an au moins après la publication de la dernière des livraisons des *Annales* auxquelles ils auront été empruntés.

AVIS IMPORTANT.

La Commission des *Annales* rappelle qu'elle n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs, et qu'elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

TOURS. — IMPRIMERIE DESLIS FRÈRES.

ANNALES

DES

PONTS ET CHAUSSÉES

Ire PARTIE

MÉMOIRES ET DOCUMENTS

RELATIFS

A L'ART DES CONSTRUCTIONS

ET AU SERVICE DE L'INGÉNIEUR

7e SÉRIE

8e ANNÉE

1898

1ER TRIMESTRE

PARIS

Vve CH. DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES ET DES TÉLÉGRAPHES

49, Quai des Grands-Augustins, 49

ANNALES

DES

PONTS ET CHAUSSÉES

MÉMOIRES ET DOCUMENTS

RELATIFS

A L'ART DES CONSTRUCTIONS

ET AU SERVICE DE L'INGÉNIEUR

N° 1

PRIX DÉCERNÉS

PAR DÉCISION MINISTÉRIELLE DU 20 MARS 1898

Conformément à la circulaire du Directeur général des Ponts et Chaussées du 28 janvier 1835

AUX AUTEURS

des meilleurs mémoires publiés dans les Annales des Ponts et Chaussées

EN 1896.

MÉDAILLE D'OR DE 600 FRANCS :

A M. Rabut, Ingénieur des Ponts et Chaussées, pour les *Renseignements pratiques pour l'étude expérimentale des ponts métalliques.*

DEUX MÉDAILLES D'OR DE 300 FRANCS :

1° A M. H. Tavernier, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, pour *les Tramways aux États-Unis.*

2° A M. Pasqueau, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, pour *les Nouveaux quais verticaux du port de Bordeaux.*

N° 2

NOTE

SUR

LES ÉPREUVES DE RÉCEPTION

DU

PONT SUSPENDU DE SAINT-VALLIER

Par M. T. GODARD, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

La restauration du pont suspendu de Saint-Vallier sur le Rhône, prescrite par décision ministérielle en date du 16 décembre 1893, a été effectuée d'après un projet dressé par M. Arnodin et sous la direction des ingénieurs du service ordinaire du département de la Drôme. La planche 1 donne l'aspect général de l'ouvrage avant et après la transformation. Le nouveau tablier comprend une voie charretière de $5^{m},10$ de largeur et deux trottoirs chasse-roues de $0^{m},30$. Il a été établi pour supporter une charge d'épreuve de 300 kilogrammes par mètre carré, trottoirs compris. Les poutrelles, espacées de $1^{m},25$, sont du type Arnodin et calculées pour supporter deux voitures de 11 tonnes se croisant. Les garde-corps qui assurent la rigidité de l'ouvrage sont également du type Arnodin. Chaque garde-corps se compose de quatre cours de longrines en acier formant les membrures supérieure et inférieure. Les poteaux montants sont en fonte, creux, de section carrée, et des croisillons en barres d'acier rondes complètent les poutres raidissantes.

On voit à l'inspection de l'élévation de l'ouvrage reconstruit, que les haubans supportent seuls une partie du tablier et que quelques tiges de suspension seulement sont établies au-dessus des points d'attache des derniers haubans soit du côté de la pile, soit du côté des culées. Somme toute, l'indépendance des deux systèmes de suspension, haubans et câbles paraboliques, est à peu près conservée.

Les épreuves de réception du pont suspendu de Saint-Vallier après sa restauration, ont eu lieu les 6 *et* 7 *mai* 1895, et elles ont toutes été faites avec des poids roulants; l'épreuve à poids morts réglementaire n'a pu être faite, par suite de circonstances spéciales.

Le compte rendu de ces épreuves a été présenté au Conseil général des Ponts et Chaussées. Cette assemblée a pensé que la relation de ces épreuves offrirait un certain intérêt, en raison des mesures qui ont été prises et des résultats d'expérience qu'on en peut déduire pour la théorie de ce genre d'ouvrages. Nous avons déféré à son désir en préparant la présente note pour les lecteurs des *Annales*.

Les méthodes de calcul les plus rigoureuses qu'on peut appliquer aux ponts suspendus laissent, en effet, une très large place à l'incertitude, à raison des différences entre les hypothèses qui servent de bases aux calculs et la réalité. Ces différences, une étude attentive de la question montre qu'elles sont plus importantes pour les ponts suspendus que pour tout autre ouvrage métallique.

Il n'y a donc que plus d'intérêt à chercher par l'expérience à compléter nos connaissances sur ce sujet si intéressant.

Les épreuves ont été faites :

1° A l'aide du rouleau à vapeur qui sert à cylindrer les routes de la Drôme. Ce rouleau, du système François (qui est une variété du système Gellerat), est muni de contre-

poids qui permettent de reporter la majeure partie du poids de l'appareil sur le rouleau d'arrière, et ce poids à charge complète est de 17 tonnes 1/2 environ. Le poids du rouleau à vide est de 13 tonnes 1/2 ;

2° A l'aide de deux rouleaux ordinaires à chevaux, chargés chacun de manière à atteindre le poids de 11 tonnes.

Pendant les passages de ces appareils on a mesuré les efforts sur certaines tiges de suspension, sur certaines poutrelles, sur quelques haubans et sur les câbles paraboliques médians. On a, en outre, relevé les formes prises par le tablier pour certaines positions des poids roulants, afin d'en déduire au besoin les moments fléchissants et les efforts tranchants supportés par les poutres raidissantes.

Les efforts sur les tiges de suspension choisies ont été mesurés à l'aide de balances romaines par lesquelles ces tiges avaient été remplacées au préalable. Ces romaines étaient liées, d'une part, à la poutrelle et, d'autre part, au chevalet d'attache aux câbles paraboliques.

Les efforts dans les poutrelles ont été mesurés à l'aide d'appareils Manet, fixés sur les câbles sous-tendeurs de ces poutrelles.

Les efforts dans les haubans et les câbles paraboliques ont été mesurés à l'aide d'appareils Manet fixés sur ces câbles, à l'aide de griffes spéciales.

Les formes prises par le tablier ont été relevées en nivelant les mains courantes des garde-corps rigides. Les nivellements étaient faits par deux opérateurs, opérant chacun séparément sur un des garde-corps à l'aide de niveaux d'Egault et de mires parlantes.

Le rouleau à vapeur a d'abord passé à vide sur le pont dans les deux sens. Cette opération avait pour but d'asseoir l'ouvrage, d'opérer le serrage de tous les boulons et de mettre tout en place. On a ensuite placé les

divers appareils, préparé les lectures et opéré les expériences après avoir chargé le cylindre à 17 tonnes 1/2.

Les résultats des expériences sont résumés sur les graphiques des planches pages 26 *bis*, 26 *ter*, 26 *quater*.

Les *fig.* 1 à 6 de la planche page 26 *bis* donnent le résumé des différents nivellements qui ont été pris. Nous avons tracé au-dessus des figures un croquis de la travée rive gauche du pont, afin que le lecteur pût trouver immédiatement les points du tablier auxquels se rapportent les points correspondants des courbes tracées au dessous. Les nivellements de détail n'ont d'ailleurs porté que sur la travée rive gauche seulement.

La *fig.* 1 donne la forme réelle de la main courante des garde-corps rigides par rapport à une droite joignant les extrémités. La forme de cette main courante devrait être théoriquement une droite ou une courbe de très grand rayon.

La *fig.* 6 donne, d'autre part, la forme des mains courantes après que les expériences au cylindre à vapeur ont été complètement terminées. On voit que le passage de cet appareil a fait descendre le tablier d'une manière assez sensible (de 1 centimètre environ).

La *fig.* 2 donne les abaissements successifs des différents points du tablier mesurés sur les mains courantes au passage du rouleau chargé de 17.500 kilogrammes et pris par rapport aux positions primitives de ces mains courantes (*fig.* 1).

On voit que la flèche maximum se produit non pas au milieu de la partie supportée uniquement par le câble parabolique, mais vers le tiers environ de cette partie à partir du hauban extrême. La flèche maximum mesurée sur la main courante amont est de 80 millimètres et sur la main courante aval de 78 millimètres.

La *fig.* 3 donne de même les positions relatives des différents points des mains courantes par rapport à leur

position primitive, lorsque le cylindre stationnait sur la poutrelle 34.

Les flèches maxima sont de :

85 millimètres amont,
83 millimètres aval,

plus considérables par conséquent que les flèches de la *fig.* 2; nous dirons pourquoi plus loin.

La *fig.* 4 donne de même la position des points des mains courantes par rapport à leur position primitive (*fig.* 1), lorsque le cylindre stationnait sur la poutrelle n° 25.

La *fig.* 5 donne de même la position de ces points par rapport non pas à la position primitive (*fig.* 1), mais à leur position relevée après la fin des expériences au cylindre à vapeur (*fig.* 6).

On remarque que les flèches au point 25 sont les suivantes :

Première figure	82 millimètres amont, 87 millimètres aval,
Deuxième figure	68 millimètres amont, 72 millimètres aval.

La cause de toutes ces divergences ressort à l'examen des *fig.* 1 et 6, qui montrent que le tablier, après les épreuves, n'est pas revenu à sa position primitive : il y a eu un abaissement permanent qui a dépassé 10 millimètres sur quelques points et qui s'est produit peu à peu sous les passages successifs du cylindre. C'est ce qui explique que les flèches maxima de la *fig.* 3 sont plus considérables que celles de la *fig.* 2, car les nivellements qui ont servi à l'établir sont postérieurs à ceux de la *fig.* 2.

Les planches pages 26 *ter* et 26 *quater* donnent les efforts mesurés dans les différentes pièces, sur lesquelles les expériences ont porté et qui sont les suivantes :

1° Les deux tiges de suspension n° 1 de la travée rive

gauche correspondant aux extrémités des longrines d'encorbellement de la culée ;

2° Les deux tiges n° 34 de la même travée correspondant à peu près aux 3/10 de la partie du tablier supportée uniquement par les câbles paraboliques ;

3° Les deux haubans extrêmes à la pile, travée rive gauche ;

4° Les deux haubans extrêmes à la pile, travée rive droite ;

5° Le câble parabolique médian côté aval, vers la culée, travée rive gauche ;

6° Le câble parabolique médian côté amont, vers la pile, travée rive droite ;

7° La poutrelle n° 24, travée rive gauche ;

8° La poutrelle n° 41, travée rive droite ;

Les *fig.* 1 à 4, planche page 26 *ter*, résument pour la travée rive gauche les lectures faites aux romaines et aux appareils Manet. Les lectures faites aux romaines sont données en kilogrammes ; les lectures faites aux appareils Manet sont données en division de cet appareil qui correspond à 1 kilogramme par millimètre carré de travail du métal pour chaque division de l'appareil. Les courbes ainsi tracées sont de véritables *lignes d'influence* expérimentales des efforts produits dans la pièce à laquelle chacune d'elles se rapporte, par le déplacement sur le tablier d'un poids de 17 tonnes.

La *fig.* 1 donne les indications des romaines qui remplaçaient les deux tiges n° 1. Ces romaines avaient été tarées : celle d'amont, à 612 kilogrammes, celle d'aval ; à 619 kilogrammes. Ce tarage était un peu faible, car la fraction du poids mort que chacune des tiges aurait dû porter était de 700 kilogrammes au moins. Les romaines ne sont pas revenues à leur position première : quand le cylindre eut quitté la travée, la différence s'est encore accentuée sous les passages successifs, et les romaines

ont marqué à la fin des épreuves les charges totales suivantes :

625 kilogrammes, romaine amont.
640 kilogrammes, romaine aval.

Les deux courbes en traits plein et pointillé correspondent aux lectures faites tout d'abord avec les tarages ci-dessus indiqués. Les surcharges maxima accusées ont été :

71 kilogrammes amont,
81 kilogrammes aval.

Les deux courbes de la *fig.* 3 donnent le résultat d'une deuxième série de lectures faites en tarant les deux romaines à 600 kilogrammes.

Les maxima trouvés ont été :

68 kilogrammes amont,
87 kilogrammes aval.

La *fig.* 3 donne le résultat des lectures sur les romaines fixées aux tiges n° 34. Les maxima ne se sont pas produits lorsque le cylindre était sur la poutrelle 34, mais bien lorsqu'il était sur la poutrelle 35. Ces maxima sont :

123 kilogrammes amont,
100 kilogrammes aval.

La forme des courbes paraît anormale et tient probablement à une différence de réglage sensible des tiges de suspension voisines.

La *fig.* 4 donne les lectures à l'appareil Manet fixé au câble parabolique médian à l'aval, travée rive gauche. La courbe présente une forme vaguement parabolique avec tendance à devenir tangente à la ligne de comparaison vers les extrémités. La lecture la plus considérable est de deux divisions de l'appareil Manet. Cet appareil n'est pas revenu complètement au zéro après le passage du cy-

lindre, ce qui ne tient peut-être pas à un défaut de serrage des griffes, mais bien à ce que le tablier a pris une nouvelle position d'équilibre après le passage du rouleau, modifiant ainsi la répartition des tensions sur les câbles.

La *fig.* 1, planche page 26 *quater*, donne le résultat des lectures sur l'appareil Manet fixé au câble parabolique médian de la nappe amont de la travée rive droite. La forme parabolique ressort plus nettement que dans la figure précédente. Le maximum est également plus élevé (3 divisions), ce qui tient à la position respective de l'appareil Manet dans les deux cas ; la tension dans les câbles près de la pile est plus considérable que près de la culée.

La *fig.* 4, planche page 26 *ter*, donne les indications de l'appareil Manet fixé au hauban extrême à la pile, travée rive gauche. Les deux haubans extrêmes amont et aval avaient été munis d'appareils ; mais, par suite d'un défaut de serrage, celui d'amont n'a pu fonctionner. Les indications de l'appareil fixé sur le hauban extrême aval figurent donc seules sur l'épure. Les indications sont très nettes. Le hauban est tendu lorsque le poids roulant est situé sur la moitié du tablier qui l'avoisine, et il est soulagé quand il est sur la moitié la plus éloignée. Le maximum de tension n'a pas lieu lorsque le poids roulant passe à l'extrémité du hauban, mais à une certaine distance après.

La *fig.* 2, planche page 26 *quater*, donne les résultats des lectures sur les appareils Manet fixés aux deux haubans extrêmes à la pile dans la travée rive droite. Ces résultats sont remarquablement concordants entre eux et avec les résultats de la figure précédente. Dans les deux cas les appareils Manet sont revenus au 0 après les expériences.

La *fig.* 3 donne le résultat des lectures faites à l'appareil Manet fixé au câble sous-tendeur de la poutrelle n° 24. La lecture a été faite deux fois : une première fois, le cylindre descendant de Saint-Vallier vers Sarras ; une deuxième fois, le cylindre montant de Sarras à Saint-

Vallier. Le résultat des lectures, dans le premier cas, est donné par les ordonnées de la courbe en traits ponctués; dans le deuxième cas, par la courbe en traits pleins.

Enfin la *fig.* 4 donne le résultat des lectures faites sur l'appareil Manet fixé au câble sous-tendeur de la poutrelle n° 41 rive droite, la machine descendant de Saint-Vallier vers Sarras. La forme de la courbe est absolument concordante avec celle relevée sur la poutrelle 24, rive gauche.

Une épreuve en vitesse a été faite, afin de constater l'amplitude des vibrations dans les différentes parties de l'ouvrage.

Les épreuves faites avec les deux rouleaux à chevaux de 11 tonnes ne donnent pas lieu à la production de graphique. Les deux cylindres ont été placés successivement au milieu de chaque travée et on les a laissés séjourner une demi-heure. On a relevé les flèches prises et les indications des appareils Manet fixés aux câbles sous-tendeurs des poutrelles sur lesquelles les cylindres étaient placés, celles des romaines qui remplaçaient les tiges de suspension 1 et 34 de la travée rive gauche et celles des appareils Manet placés aux câbles paraboliques médians.

Résumé. — Nous résumons ci-après les résultats numériques des expériences en transformant les indications des appareils Manet en indications de kilogrammes par millimètre carré.

1° Flèche maximum dans la travée rive gauche au passage d'un rouleau à vapeur de 17.500 kilogrammes :

Moyenne : 84 millimètres.

2° Flèche prise au milieu de la travée sous le poids de 2 rouleaux de 11 tonnes :

Travée rive gauche	100 millimètres
— droite	100 —

3° Efforts maxima dans les tiges de suspension sous le passage d'un rouleau à vapeur de 17.500 kilogrammes:

	amont	aval
Au point 1....	68 kilogrammes	87 kilogrammes
— 34....	123 —	100 —

4° Travail maximum du câble du milieu au passage d'un rouleau de 17.500 kilogrammes, exprimé en kilogrammes par millimètre carré :

	Travée rive droite	Travée rive gauche
Amont.......	3 kilogrammes	
Aval.........		2 kilogrammes

5° Travail maximum du câble parabolique du milieu sous le passage de deux rouleaux de 11.000 kilogrammes (travée droite seulement) :

Amont.......	$4^{kil},40$
Aval.........	5 ,00

6° Travail maximum dans les câbles obliques extrêmes à la pile :

	Travée rive gauche	Travée rive droite
Amont.......		$8^{kil},4$
Aval.........	$8^{kil},2$	8 ,9

7° Travail maximum en kilogrammes par millimètre carré dans les câbles sous-tendeurs des poutrelles sous le passage d'un rouleau de 17.500 kilogrammes dont la partie placée sur l'axe de la poutrelle pesait à elle seule 15.000 kilogrammes environ :

N° 24. — Travée rive gauche.....	$16^{kil},7$
N° 41. — Travée rive droite......	15 ,00

Observations sur les expériences précédentes. — Au point de vue général, les expériences ci-dessus relatées fournissent des contributions intéressantes à la théorie mathé-

matique des ponts suspendus. Il n'est évidemment pas possible d'en tirer des conclusions numériques certaines. En effet, d'abord les appareils Manet dont nous disposions étaient trop peu nombreux pour permettre de calculer une moyenne pour les efforts dans les câbles paraboliques par exemple. Il est clair que, quelle que soit l'habileté des poseurs, les étriers des chevalets ne pressent pas les divers câbles d'une manière uniforme, et on ne peut guère supposer que les efforts dans le câble du milieu soient les moyennes des efforts dans lès différents câbles. Il aurait fallu un appareil Manet sur chaque câble.

En ce qui concerne les efforts dans les tiges, il aurait fallu que les romaines fussent fixées à de véritables tiges de mêmes dimensisns que les tiges qu'elles remplaçaient, alors qu'on s'était borné à les attacher d'une façon plus ou moins imparfaite aux étriers des poutrelles d'une part et aux chevalets de l'autre, à l'aide de fils de fer.

Néanmoins, et quelque imparfaits que fussent nos moyens d'observation, ils nous ont permis d'établir, ou tout au moins de soupçonner expérimentalement, quelques lois que la théorie mathématique vérifie d'ailleurs.

En ce qui concerne les câbles paraboliques, les efforts produits sur ces câbles par un poids qui circule sur l'ouvrage varient suivant une loi sensiblement parabolique, le maximum se produisant au milieu de la partie supportée par le câble parabolique.

En ce qui concerne les tiges de suspension, on voit d'abord que la rigidité du tablier a pour effet de reporter le poids roulant non plus sur deux, trois ou quelques poutrelles, mais sur toutes les poutrelles, puisque le passage d'un poids sur une poutrelle donnée produit des effets très sensibles encore aux extrémités du tablier les plus éloignées.

On voit ensuite que les actions sur les tiges ne sont pas très différentes, que le poids soit sur les poutrelles sup-

portées par ces tiges, ou sur les autres poutrelles du pont. En un mot, la rigidité du tablier uniformise les actions sur les tiges de suspension.

Enfin on voit que les actions sur les tiges directement attaquées sont bien moindres que celles pour lesquelles elles ont été calculées. En effet on les a calculées pour chacune supporter le sixième de la charge roulante, alors qu'un poids de 17 tonnes produit simplement un supplément d'effort de 100 à 120 kilogrammes à chaque tige, c'est-à-dire moins du centième. Toutefois il n'y a pas lieu de s'arrêter à ce résultat numérique, à cause de l'imperfection de nos moyens d'observation. Le calcul donne pour cette action une valeur à peu près double, environ 250 kilogrammes. Il n'y a lieu de retenir les chiffres précédents qu'à titre d'indication très approximative des valeurs qu'on aurait trouvées réellement dans les tiges qu'on avait remplacées par les romaines, si les expériences avaient été faites d'une manière plus précise.

Les résultats des expériences faites sur les haubans et les câbles sous-tendeurs des poutrelles sont très intéressants.

Poutrelles. — En ce qui concerne les poutrelles, les indications des graphiques sont très nettes et peuvent se résumer ainsi :

1° Le poids d'un essieu chargé se répartit *pratiquement* sur trois poutrelles seulement pour un pont suspendu établi d'une manière analogue à celui de Saint-Vallier, c'est-à-dire pour la presque totalité des ponts suspendus du système Arnodin;

2° L'action sur la poutrelle directement attaquée est supérieure au tiers du poids total (proportion admise généralement dans les calculs de ponts suspendus) et se rapproche probablement de la moitié de ce poids pour le pont de Saint-Vallier.

Examinons en effet les *fig.* 3 et 4, planche page 26 *quater*, qui sont les lignes d'influence des efforts dans les câbles sous-tendeurs d'une poutrelle déterminée.

La *fig.* 3, correspondant à l'expérience faite sur la poutrelle 24, montre que la charge ne commence à agir que lorsqu'elle se trouve sur la poutrelle 26, et son influence est très faible; de même pour la *fig.* 4, la charge n'agit qu'à partir de la poutrelle n° 39, et son influence est négligeable.

On peut donc en conclure avec certitude qu'un poids isolé placé sur une poutrelle agit sur cette poutrelle et sur ses deux voisines; pratiquement l'influence sur les autres poutrelles plus voisines peut être considérée comme négligeable.

Si donc le rouleau pouvait être assimilé complètement à un seul essieu chargé, la ligne d'influence aurait la forme d'un triangle embrassant pratiquement trois poutrelles seulement. Mais, dans l'espèce, le rouleau ne peut pas être assimilé complètement à cette charge isolée.

Une certaine partie du poids se transmet au rouleau directeur de l'avant, et dans les expériences de Saint-Vallier cette fraction du poids a été augmentée, parce que l'inclinaison du tablier dans le sens Saint-Vallier-Sarras est assez considérable. Pour les lignes d'influence à formes plus ou moins paraboliques, le fait que nous signalons est négligeable, mais il n'en est pas de même pour les lignes d'influence aux formes très pointues comme celles que nous examinons, et c'est la présence du cylindre directeur d'avant qui donne à la courbe sa forme vague d'escalier du côté de Saint-Vallier. Dans les expériences la machine a toujours été placée, le gros cylindre du côté de Saint-Vallier, et le petit cylindre (directeur) du côté de Sarras. On peut évaluer de 2.500 à 3.000 kilogrammes environ la charge reportée sur le cylindre directeur. La distance des deux cylindres est de 3^{m},56, longueur sensi-

blement égale à l'espace embrassé par trois poutrelles successives.

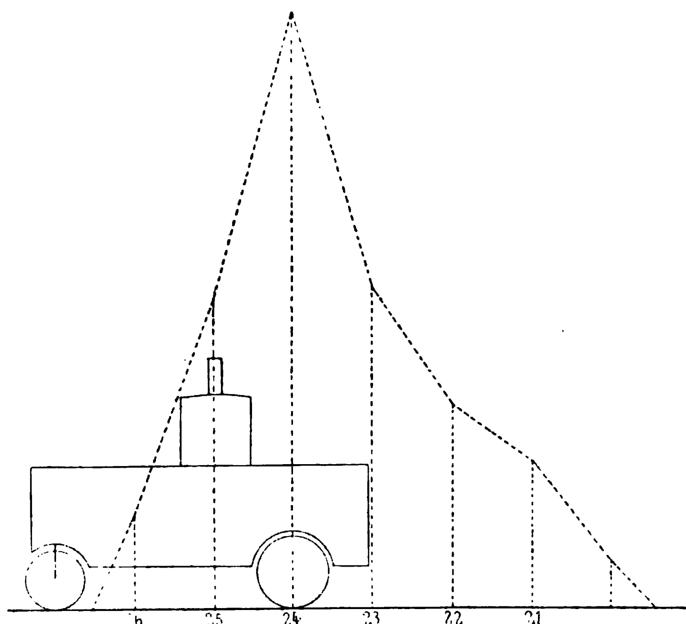
Nous avons vu que l'action d'un poids placé sur une poutrelle se fait sentir sur la voisine et même sur la suivante. Considérons le cylindre montant, dans l'expérience de la *fig.* 3 par, exemple :

Le gros rouleau, étant placé sur la poutrelle 26, donnera une faible action sur la poutrelle 24 ; le cylindre directeur ne donnera rien, puisqu'il est à une distance supérieure à l'espace embrassé par trois poutrelles. Puis le gros cylindre placé sur la poutrelle n° 25 agira encore seul sur la poutrelle 24. Le gros cylindre placé sur la poutrelle 24 elle-même donnera l'action maximum. Jusque-là ce cylindre a donc agi seul et on peut conclure, sans aller plus loin du rapport des hauteurs, des ordonnées, des courbes d'influence, le rapport des actions sur la poutrelle directement attaquée et sur les deux voisines.

Continuons notre examen.

Le gros cylindre passe sur la poutrelle 23, il donne une action égale à celle qu'il produit sur la poutrelle 25; mais en même temps le petit cylindre qui est arrivé sur la poutrelle 26 commence à agir : comme son poids est bien moindre et son influence encore très faible, l'ordonnée de la courbe d'influence au droit de la poutrelle 23 sera sensiblement égale à l'ordonnée au droit de la poutrelle 25. Le gros cylindre étant sur la poutrelle 22, l'influence de ce cylindre devient faible, mais celle du cylindre directeur qui se trouve alors sur la poutrelle 25 a augmenté ; l'ordonnée de la ligne d'influence, au lieu de devenir presque nulle, garde une valeur notable qu'elle conserve encore lorsque le gros cylindre passe sur la poutrelle 21, parce que, si l'influence de ce dernier devient nulle, celle du cylindre directeur devient maximum. Puis celle de ce cylindre diminue à son tour et devient nulle, lorsqu'il se trouve placé sur la poutrelle 21:

La forme générale de la ligne d'influence sera donc celle ci-dessous. On reconnaît la complète analogie avec celle des *fig.* 3 et 4. Notre analyse est donc exacte.



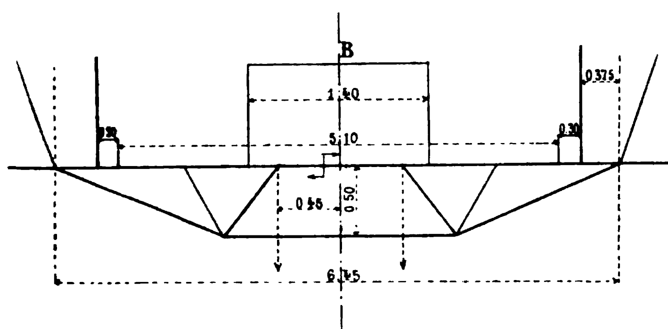
D'autre part, puisque l'action d'un poids roulant se fait sentir presque exclusivement sur trois poutrelles, on déduit de l'examen des *fig.* 3 et 4, comme nous le disions plus haut, le rapport des actions sur la poutrelle directement attaquée et ses deux voisines. Ce rapport est approximativement 1/2.

Cette conclusion est pour ainsi dire géométrique et s'impose par la seule considération de la forme de la ligne d'influence des efforts sur une poutrelle donnée, mesurés par la tension de son câble sous-tendeur. Cependant les lectures des appareils, prises en valeur absolue, semblent ne pas confirmer absolument cette indication. Ainsi dans

notre cas, le gros cylindre pesant 15.000 kilogrammes, et le petit cylindre 2.500 kilogrammes environ, on peut déduire des lectures aux appareils la fraction de poids du rouleau que supporte la poutrelle directement attaquée. Prenons par exemple la poutrelle 24 : pour cette poutrelle, l'expérience a été faite deux fois et, par conséquent, les résultats numériques qu'on en peut déduire présentent plus de garantie d'exactitude. Sous le passage du poids de 15.000 kilogrammes, la tension accusée dans le câble sous-tendeur a été de $16^{kg},7$, ce qui correspond à une tension totale de 15.030 kilogrammes dans le câble sous-tendeur.

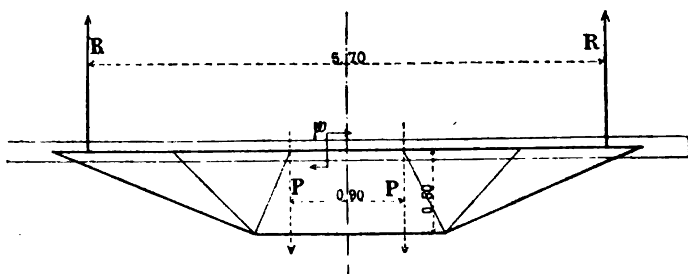
Cherchons quelle est la fraction de la charge du rouleau qui pèse sur la poutrelle pour produire cette tension.

Le croquis de la poutrelle est le suivant, toutes les pièces sont réduites à leurs axes de figure.



La charge se transmet à la poutrelle par le plancher. La poutrelle est soutenue principalement par les garde-corps métalliques et par la longrine qui supporte le trottoir, ainsi que par la longrine longitudinale qui règne sous les milieux des membrures supérieures des poutrelles ; en effet, l'expérience faite sur les tiges démontre qu'une partie minime de la charge qui pèse sur la poutrelle se reporte sur les tiges de suspension ; le garde-corps et les

longrines du trottoir, ainsi que celles du milieu, absorbent à peu près tout. Les deux réactions verticales, qui équilibrent la charge qui pèse sur la poutrelle, passent donc certainement entre les deux garde-corps métalliques. D'un autre côté, la charge du rouleau dont la longueur est de $1^m,40$, se reporte plutôt vers ses extrémités ; en effet, la génératrice de ce rouleau présente une forme cintrée vers le milieu, afin d'épouser la forme des chaussées des routes. Ce cintrage s'accentue par l'usure qui porte surtout sur le milieu du cylindre. Or le bombement du pont était très peu sensible au moment des épreuves ; le poids du cylindre transmis par le plancher peut donc être considéré comme équivalent à deux forces écartées l'une de l'autre de 90 centimètres environ.



Soient : P, les deux poids qui représentent la charge transmise directement à la poutrelle ; R, les deux réactions verticales résultantes des actions du garde-corps et des longrines métalliques, résultantes situées entre les deux garde-corps, ainsi que nous l'avons déjà dit. Soient D, la distance de ces deux réactions, distance inférieure à 5,80, distance d'axe en axe des garde-corps ;

μ, le moment fléchissant au milieu de la membrure supérieure de la poutrelle ;

t, la tension dans le câble sous-tendeur.

Écrivons qu'une des moitiés de la poutrelle est en équi-

libre sous l'action du poids P de la réaction R, du moment μ et de la tension t.

On aura :

$$t \times 0,50 - \frac{R \times D}{2} + P \times \frac{0,90}{2} + \mu = o;$$

P étant égal à R, on aura :

$$t + 2\mu = P(D - 0,90)$$
$$P = \frac{t + 2\mu}{D - 0,90}.$$

Supposons que D soit égal à $5^m,80$, et négligeons μ dont la valeur est très faible.

On aura :

$$P = \frac{t}{4,90} = 3.070 \text{ kilogrammes environ.}$$

La portion du poids du cylindre de 15.000 kilogrammes qui pèse directement sur la poutrelle serait donc égale à 2 $\times$3.070 = 6.140 kilogrammes, soit moins de la moitié et plus du tiers. Il y aurait donc une certaine discordance entre les indications absolues de l'appareil Manet et celles des graphiques.

Mais, en réalité, la valeur de P ainsi calculée est trop faible : d'abord D est certainement inférieur à $5^m,80$; d'un autre côté, la valeur de t est très certainement supérieure à 15.030 kilogrammes. En effet l'aiguille de l'appareil Manet était déjà au bout de sa course pour la division 16, et, par conséquent, les allongements mesurés n'étaient déjà plus proportionnels aux divisions du cadran et croissaient plus rapidement que ces divisions. La valeur de P est donc supérieure en réalité à 3.070 kilogrammes, ce qui explique la discordance apparente entre les lectures des appareils Manet prises en valeur absolue et celles des graphiques.

Nous ferons remarquer au surplus qu'il règne une certaine indécision sur le coefficient dont il faut affecter les lectures de l'appareil Manet pour trouver l'allongement réel dans un câble à fil tordu alternatif. Ce coefficient ne pourrait être exactement déterminé que par une expérience directe, et il est plus sûr de considérer les lectures à l'appareil comme simplement proportionnelles aux allongements. Aussi attachons-nous plus de confiance aux rapports des ordonnées des graphiques, qu'à la mesure exacte de ces ordonnées.

Les expériences que nous venons de décrire nous ont donc convaincu de ce fait, que, pour le pont de Saint-Vallier, la règle posée par l'article 7 du cahier des charges type du 4 mai 1870 est inexacte, et il est vraisemblable que le fait doit être vrai pour la plupart, sinon tous les ouvrages du même genre. Pour les ponts-routes, l'erreur commise n'a pas grande importance; d'abord nous ne croyons pas que les voitures de 11 tonnes à un essieu circulent dans les régions où sont établis des ponts suspendus : les platelages en bois ne les supporteraient pas; d'un autre côté, en supposant que le fait se produise, il doit être extrêmement rare. Or l'erreur commise dans les hypothèses qui ont servi de base au calcul de la poutrelle revient à faire travailler le métal, pour ce cas exceptionnel, à 25 kilogrammes au plus, au lieu de 18. Il est évident qu'un métal de bonne qualité peut supporter ce travail, s'il reste à l'état d'exception; mais il en serait autrement si le pont suspendu devait, comme cela se produira certainement dans l'avenir, supporter des voies de fer et travailler réellement et normalement dans des conditions analogues à celles qui ont été supposées pour les calculs d'établissement. Il serait indispensable alors de calculer les poutrelles exactement comme les pièces de pont d'un tablier métallique ordinaire avec lesquelles leur ressemblance est complète, lorsqu'elles sont reliées à des poutres rigides.

et cette ressemblance est d'autant plus grande que les poutres sont plus rigides.

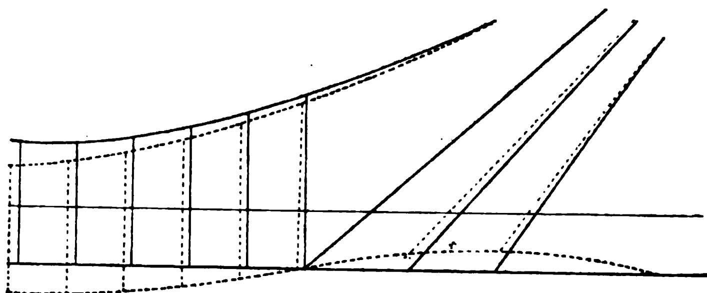
Il nous paraitrait prudent, même dans les ponts-routes ordinaires destinés à supporter une circulation un peu forte et munis d'un simple platelage en bois, de renoncer à la règle empirique de l'article 7 du cahier des charges du 4 mai 1870 et de calculer également les poutrelles comme des pièces de pont, quitte à adopter, pour le travail admissible, des chiffres plus considérables que ceux habituellement admis pour les ponts ordinaires et qui seraient à déterminer dans chaque cas particulier.

Nous estimons que dans le cas de ponts à platelage en bois, analogues au pont de Saint-Vallier, destinés à une forte circulation, il serait prudent de calculer les poutrelles pour supporter la moitié et non le tiers de la charge, en les considérant comme supportées non par les tiges de suspension, mais par les garde-corps.

Haubans. — Les résultats concernant le travail de haubans ne sont pas moins intéressants et constituent une démonstration visible de l'insuffisance des règles appliquées pour le calcul de ces organes.

Examinons d'abord les lignes d'influence de la *fig.* 2, planche page 26 *quater*, qui sont les plus nettes et qui sont les plus remarquablement concordantes. D'après les indications des appareils Manet on voit que le hauban extrême travaille non seulement lorsque la charge passe directement dans la section où il s'articule au tablier, mais bien avant, à partir du milieu du pont ; le maximum d'effort se produit non pas quand le poids roulant passe sur l'extrémité des câbles obliques, mais lorsque ce poids est encore placé dans la partie uniquement supportée par le câble parabolique. Quand le poids roulant est situé dans la moitié de gauche du tablier, la partie droite est relevée par le câble parabolique, le hauban extrême se trouve détendu

et soulagé en partie du poids mort qui pèse sur lui. Lorsque le poids roulant est dans la moitié de droite, celle-ci s'abaisse à son tour, et le hauban travaille en même temps que les câbles paraboliques. L'action sur le hauban tend évidemment à augmenter et atteindrait son maximum lorsque le poids serait situé sur l'extrémité du hauban, si celui-ci était inextensible ; il supporterait alors la charge tout entière, et jusque-là aucun des autres haubans ne travaillerait, puisque le tablier tendrait à prendre la forme indiquée en ponctué, en basculant autour de l'extrémité des câbles obliques extrêmes. Mais, comme il s'allonge sous



l'influence des efforts qu'il supporte, son point d'articulation s'abaisse comme le reste du tablier, et les autres haubans entrent en jeu successivement ; aussi, lorsque le poids roulant arrive sur l'extrémité du hauban extrême, celui-ci se trouve déjà notablement soulagé, bien qu'à ce moment-là l'action des câbles paraboliques devienne très faible, comme l'indiquent les graphiques des *fig.* 4, planche page 26 *ter*, et 1, planche page 26 *quater*. Le maximum a donc lieu avant que le poids roulant passe sur l'extrémité du câble oblique extrême. Les formes générales de la courbe d'influence s'expliquent donc sans difficulté.

Il est possible d'analyser complètement l'action des haubans, et nous avons eu l'occasion de faire ce calcul

Fig. 5. — Épreuves du matin

ns courantes pendant le stationnement du cylindre sur le point 25

r rapport à ces mains courantes après le dernier passage

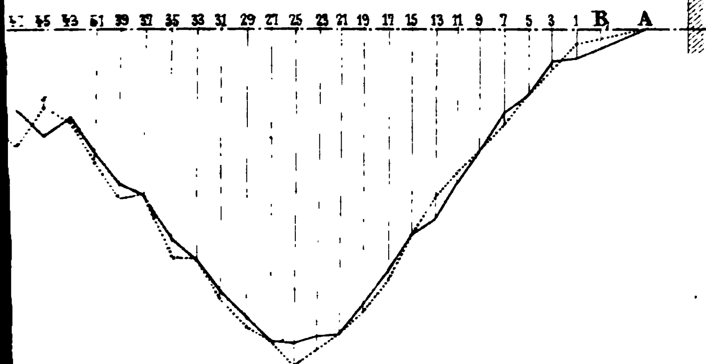
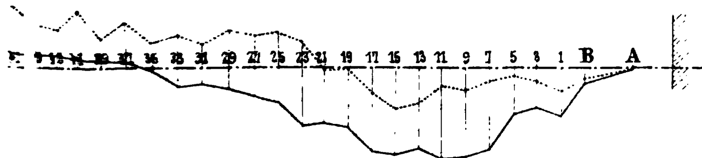


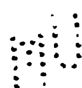
Fig. 6. — Épreuves du matin

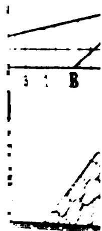
s des mains courantes après le dernier passage du cylindre

par rapport à une droite joignant les points A et F



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris



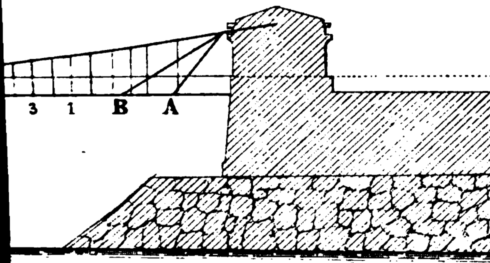


ig. 3. — R



Fig 4. —





ig. 3. — Romaines. — Tige 34

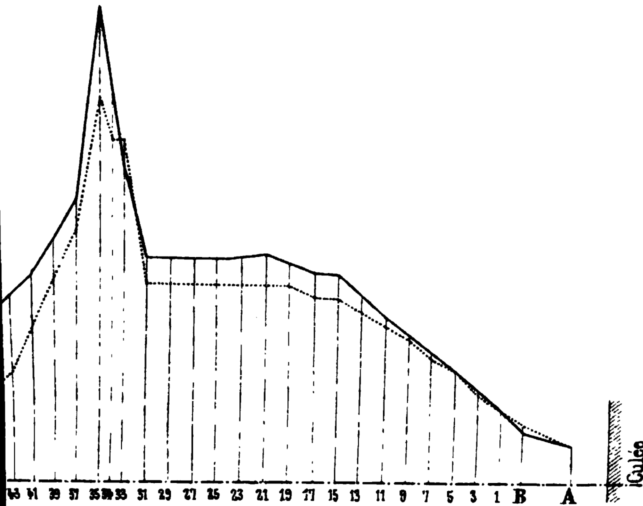
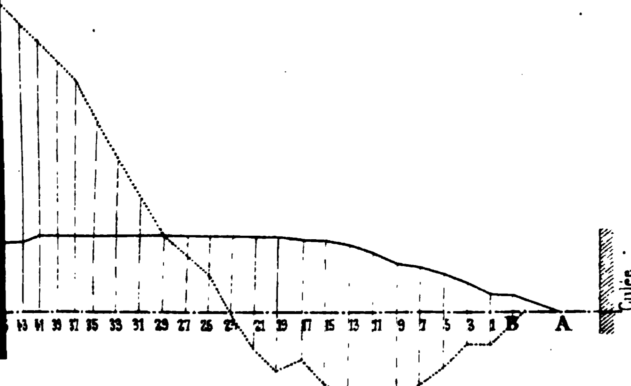
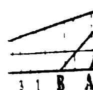


Fig. 4. — Epreuves du matin

lanet { Câble parabolique médian nappe aval. — Trait plein
Câble oblique extrême à la pile. — Trait pointillé







'ig. 3. — Ro

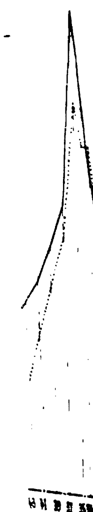


Fig 4. —

Zanet



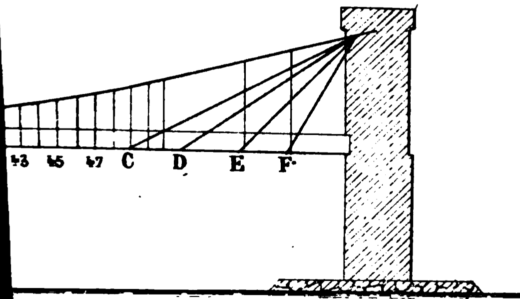
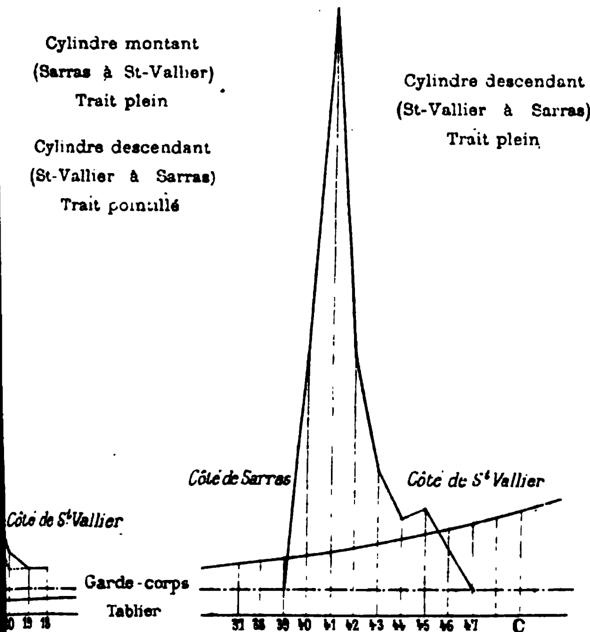


Fig. 3 et 4 { Longueurs 0^m^025 par mètre
Hauteurs 0^m^005 pour une division

Fig. 4.

avée rive gauche **Épreuves du soir.** - Travée rive droite

reils Manet fixés aux câbles sous tendeurs des poutrelles
par un cylindre de 17 tonnes 1/2
ont élevées les ordonnées représentatives de ces actions



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

complet sous la direction de M. l'Inspecteur général Maurice Lévy, à propos des projets de transbordeurs, projetés par M. Arnodin, à établir à Rouen et sur la Charente.

Les courbes d'influence déterminées par nos calculs pour les haubans du projet de transbordeur de Rouen, où les extrémités du tablier sont libres et pour celui de la Charente où les extrémités sont encastrées présentent une analogie de forme complète avec celles relevées à Saint-Vallier.

Il y a cependant une certaine différence.

D'abord la partie négative est bien moins développée à Saint-Vallier que dans les courbes des transbordeurs; ensuite le maximum est plus élevé; la partie positive de la courbe de Saint-Vallier commence dans la partie gauche, alors que l'analyse mathématique indique que, pour la partie centrale du tablier et pour une région de longueur variable avec les données du problème, les deux extrémités du tablier se relèvent, et que la courbe d'influence a nécessairement une ordonnée négative. Mais il convient de remarquer que cette analyse n'a été faite que pour des ponts suspendus dont chaque travée est symétrique par rapport à son axe. Les deux travées du pont de Saint-Vallier sont, au contraire, dissymétriques, et le point bas des paraboles des câbles est situé presque au tiers de la longueur à partir des culées. Les graphiques n'ont été relevés que pour les haubans extrêmes à la pile. C'est là ce qui explique probablement en partie la prépondérance de la partie positive de la courbe d'influence. Une autre cause, plus importante peut-être encore, contribue à augmenter l'importance de la partie positive. Les haubans extrêmes ont reçu une tension initiale plus forte que celle qui correspondrait à la portion de poids mort qu'ils sont censés supporter, et cela dans le but de soulager les câbles paraboliques. Ils sont donc actionnés par les charges mobiles plus qu'ils ne devraient l'être.

Quoi qu'il en soit, on voit qu'un poids isolé actionne le hauban extrême, bien avant d'être placé directement à son extrémité. Il en résulte qu'une série de charges placées dans la région d'influence positive ajouteront toutes leurs effets particuliers. Le mode de calcul, tout empirique, qui consiste à calculer le hauban pour supporter en totalité la plus lourde charge qui puisse passer à son extrémité, n'a pas d'inconvénient pour les ponts-routes, parce que les lourdes voitures se succèdent à de longs intervalles ; aussi, lorsqu'un essieu se trouve placé dans la section du maximum d'influence, les voisins sont nécessairement dans des régions où les ordonnées de la courbe sont déjà faibles, et d'un autre côté, lorsqu'une charge a son maximum d'influence, le hauban, d'après les indications de la courbe d'influence, n'en supporte pas la totalité, mais 60 0/0 seulement environ ; il y a donc compensation. On verrait, par exemple, que dans l'hypothèse la plus défavorable le hauban de Saint-Vallier ne travaillerait qu'à 23 kilogrammes au lieu de 18, travail que le métal des fils peut aisément supporter. Mais il pourrait en être tout autrement, si le pont était destiné à supporter des trains composés d'une série de lourdes charges très rapprochées. Dans ce cas, le mode de calcul habituellement suivi pourrait conduire à des mécomptes graves, et les haubans extrêmes pourraient travailler réellement deux ou trois fois plus qu'il n'aurait été prévu. Les haubans extrêmes devraient donc être renforcés. Mais, en les renforçant, on augmente encore leur action aux dépens des voisins et on se rapproche du cas hypothétique où le hauban extrême serait inextensible. Le raisonnement conduit donc à penser et le calcul montre que le mieux serait de calculer le hauban extrême comme s'il était inextensible, le tablier étant alors considéré suivant la position de la charge mobile comme une poutre liée à un câble parabolique et possédant soit deux points d'appui seulement (ses deux extré-

mités ; lorsque la charge est voisine du milieu, soit trois points d'appui fixes qui sont ses extrémités et le point d'articulation du hauban, lorsque la charge se rapproche de ce dernier point. Le raisonnement permet de prévoir et le calcul démontre que les règles empiriques appliquées habituellement au calcul des autres haubans sont tout aussi inexactes que pour le hauban extrême. En effet, on leur donne, en général, la même section qu'au hauban extrême, en les espaçant à peu près également, ce qui revient à augmenter le coefficient de sécurité du plus éloigné au plus rapproché de la culée. Or le calcul montre que la composante verticale de l'action des charges mobiles sur les haubans va en diminuant assez rapidement du plus éloigné au plus rapproché de la culée ; les effets de la température, il est vrai, produisent des suppléments de tension d'autant plus considérables sur les haubans que ceux-ci sont plus rapprochés de la culée ; mais les deux effets sont loin de se compenser, et on trouve que, sauf des cas tout à fait exceptionnels, la composante verticale totale des actions exercées sur des haubans également espacés, va en diminuant du plus éloigné au plus rapproché de la culée. Le calcul de ces actions est du reste assez compliqué, lorsque le nombre total des haubans dépasse trois, et le mieux, si on ne veut pas s'y astreindre, est de calculer ces haubans comme devant supporter chacun la charge morte de la portion de tablier comprise entre ce hauban et le plus voisin avant ou après, et la charge mobile qui peut couvrir cette portion. On adoptera pour ce calcul le coefficient de sécurité 4. Les résultats ainsi obtenus conduiront à adopter des sections notablement supérieures à ce qui est nécessaire, mais donneront du moins toute sécurité.

N° 3

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

D'UNE

PARTIE DES TERRE-PLEINS DE RIVE GAUCHE DU PORT DE ROUEN

Par M. CHATEAU, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Objet de l'installation. — Une installation d'éclairage électrique terminée récemment fonctionne en ce moment sur une partie des terre-pleins du port de Rouen, ceux du quai Jean-de-Béthencourt et du bassin aux bois.

A Rouen, l'éclairage du port est en principe fait par la ville. Toutefois les quais sont pourvus d'appareils intensifs à gaz placés tout près du bord et destinés à assurer, la nuit, la possibilité de décharger les navires. L'État a fourni jusqu'à présent les appareils, la ville assure l'éclairage ordinaire, et les négociants l'éclairage intensif. La Chambre de Commerce ne prend aucune part aux dépenses.

Sur les quais de rive gauche, un à un, presque tous les becs intensifs avaient été mis hors de service par la manœuvre des grues hydrauliques servant aux déchargements. Le travail de nuit était devenu impossible, surtout étant donné que l'on y manipulait principalement du charbon.

Le service du port chercha donc à remplacer cet éclairage par un autre plus puissant permettant d'installer les foyers lumineux hors de la portée des grues. Il s'agissait d'un essai auquel la Chambre de Commerce, jusqu'alors désintéressée dans les questions d'éclairage, et la ville de Rouen promirent leur concours.

Par analogie avec ce qui se passait pour le gaz, l'État devait se charger de fournir le matériel, la Ville devait l'entretenir et exploiter l'installation. La Chambre de Commerce devait, d'un côté, prendre pour sa part un tiers des dépenses d'établissement, par suite de leur imputation sur les fonds de la loi du 11 mars 1885, et, de l'autre, construire le bâtiment des machines. Elle devait, en outre, fournir à la Ville, moyennant une somme annuelle de 5.000 francs à forfait, l'énergie électrique nécessaire.

L'accord s'établit sur ces bases qui furent sanctionnées par une décision ministérielle, en date du 19 décembre 1893, approuvant séparément le devis-programme d'un concours proposé par les Ingénieurs et un projet de convention à passer entre les trois parties intéressées.

Le concours ouvert, puis jugé, l'installation fut confiée, par décision ministérielle du 8 août 1894, à la Société normande d'Électricité, pour la somme forfaitaire de 54.500 francs, comportant l'établissement de 28 lampes à arc de 10 ampères et d'un feu fixe dioptrique à incandescence visible à 5 milles marins, installé sur l'extrémité du môle est du bassin aux bois.

Le plan général (pl. 2, *fig.* 1) montre l'emplacement de l'éclairage dans le port de Rouen.

DESCRIPTION.

Machines. — La machinerie, dont l'exploitation devait être faite par la Chambre de Commerce, trouvait tout naturellement sa place à côté de l'usine de compression d'eau qui actionne les grues hydrauliques comprises dans l'outillage du port. On comptait ainsi faire une économie de personnel.

D'autre part, l'usine hydraulique comportait une chaudière de rechange ; il suffisait d'en ajouter une troisième pour assurer le service d'une manière parfaite.

La *fig.* 1 (pl. 3) donne les détails de cette machinerie annexe accolée à l'ancienne et au bâtiment de l'accumulateur hydraulique. Elle est logée dans un petit bâtiment en briques et fer, éclairé par de larges fenêtres en verre opale, qui contient au rez-de-chaussée les deux machines et les dynamos disposées en deux groupes parallèles.

Le sous-sol comprend, dans un espace assez restreint où passent les divers tuyaux de l'alimentation des grues en eau comprimée, deux condenseurs distincts actionnés séparément à l'aide d'une courroie par chacune des machines.

Le projet comportait, comme pompe à air, une machine Worthington à action directe. Aux essais, cette machine augmenta la consommation de vapeur dans de telles proportions qu'on dut l'abandonner pour prendre le dispositif que nous venons d'indiquer.

La chaudière tubulaire, qui a été ajoutée aux deux autres employées déjà pour l'usine hydraulique, avait été prévue au devis-programme entièrement semblable aux deux premières. Ses dispositions n'ont du reste rien de particulier.

Les machines sont du système Armington-Sims avec deux cylindres compound en tandem. Le tiroir est cylindrique et équilibré. Ces petites machines, malgré leur grande vitesse angulaire (300 tours à la minute), sont d'une conduite facile et absolument silencieuses.

Le régulateur est placé dans le volant lui-même, et se compose de deux masses qui, par la force centrifuge, agissent sur une soie excentrique placée à l'intérieur d'une seconde soie qui commande la bielle excentrique et le tiroir. Le régulateur modifie donc ainsi à la fois la course du tiroir et l'angle de calage. Il donne l'isochronisme à environ 3 0/0 de la vitesse normale.

La puissance des machines est, en temps ordinaire, de 32 chevaux. Le devis-programme prévoyait une marge

d'environ 1/3 de la puissance. En fait, elles font facilement 43 chevaux. En dehors de l'extension prévue de l'installation, cette élasticité dans la puissance est particulièrement utile quand, par exemple, il y a des pertes dans la canalisation, et que le débit augmente de ce fait.

Les dynamos, du type Manchester, sont bobinées en dérivation sur un cylindre de laiton mince destiné à protéger l'enroulement inducteur en cas de rupture brusque du fil ou d'une des résistances du rhéostat de réglage.

L'induit est enroulé en tambour, et les balais sont en charbon.

Ces dynamos peuvent donner 95 ampères sous 220 volts, à la vitesse de 975 tours par minute. Elles sont commandées par des courroies et sont disposées sur un chariot tendeur réglable à l'aide de vis. Elles donnent normalement 70 ampères seulement, soit 10 ampères par série de quatre lampes.

Le tableau de distribution est représenté sur la *fig.* 2 de la planche 2, dont les indications sont suffisamment nettes pour que nous n'insistions pas. Il se compose d'une plaque de marbre blanc portée sur une charpente en bois et qui reçoit les divers instruments nécessaires à la distribution.

Les rhéostats de réglage de chaque série sont composés d'un fil de maillechort sur lequel glisse un curseur. En fait le curseur paraît inutile et on ne s'en sert pas, la résistance étant employée tout entière. Elle correspond à une chute d'une quarantaine de volts équivalente à celle qui est utilisée dans chaque lampe.

L'indicateur de pertes à la terre se compose de deux lampes à incandescence qui brillent, s'il y a une perte, quand on manœuvre le commutateur P, en indiquant ainsi le pôle de la machine qui est à la terre.

Les indicateurs de marche IM comportent un petit voyant rouge qui disparaît dès que le courant passe dans la série correspondante.

Conducteurs de distribution. — Le terre-plein est éclairé à l'aide de vingt-huit lampes à arc, distribuées d'une façon irrégulière, en raison de la forme également très irrégulière de la surface à illuminer.

Pour éviter qu'un défaut produise une extinction complète impossible à admettre pour un éclairage public, on a groupé les lampes en sept séries de quatre, et on a, en outre, quinconcé les séries de façon qu'une lampe d'une série ait toujours pour voisines des lampes de séries différentes. Ce système, outre l'avantage qu'il présente en cas de défaut local, permet très facilement l'entretien et le réglage des lampes, en supprimant momentanément les quatre lampes d'une série.

Pour éviter de trop multiplier le nombre des fils, et étant donné la situation quasi centrale de l'usine, on n'a séparé les fils des séries que pour un pôle, l'autre conducteur étant, autant que possible, commun à plusieurs séries. Cette précaution était surtout rendue nécessaire par le quinconçage des lampes, qui complique naturellement beaucoup la canalisation.

Foyers lumineux. — Les pylones sont d'un type très simple représenté sur les *fig.* 3 et 4 de la planche 3. Ils sont formés de quatre cornières d'angle réunies par un treillis léger. A la base, une partie en tôle pleine contient le petit treuil qui sert à monter et à descendre la lampe. Une potence supérieure sert à la suspension. Ils ont 11 mètres de hauteur au-dessus du sol et sont fondés sur un massif de béton sur lequel ils sont boulonnés. Le point lumineux est situé à 10 mètres au-dessus du sol.

Les pylones d'angle, étant sollicités par une tension horizontale résultante plus forte que les autres, ont été établis avec des cornières de section plus forte pour éviter des flèches exagérées et disgracieuses. On a eu soin, du reste, de les monter avec une légère inclinaison en sens

inverse de la flèche normale, de façon à obtenir la verticalité du pylone, une fois les fils posés. Les fils sont fixés au sommet des pylones par des isolateurs ordinaires à cloche en porcelaine ; ils sont au maximum au nombre de sept sur un pylone.

La hauteur libre sous les fils est au minimum de 9ᵐ,50. La hauteur minima des points d'attache est de 10ᵐ,20.

L'espacement des pylones, comme le montre le plan général d'éclairement (*fig.* 3 pl. 2), varie de 50 mètres, sur le bord du quai, à 100 mètres sur le terre-plein du bassin aux bois. On a voulu, en rapprochant les pylones sur le bord du quai maritime, y permettre le travail de nuit. En fait, depuis l'installation de l'éclairage, le déchargement des navires charbonniers pendant la nuit est absolument courant, surtout de six heures du soir à minuit. L'intérieur des cales a seul besoin d'être éclairé par des lampes à huile.

Les lampes sont du système Bardon à courant continu. Leur réglage est excellent quand elles sont bien entretenues. Elles demandent cependant au départ un léger survoltage pour éviter le collage des charbons.

Le voltage se maintient dans les environs de 45 volts aux bornes de chaque lampe. Un rhéostat en série avec quatre lampes absorbe environ 40 volts, de sorte que le voltage total est toujours voisin de 220 volts.

Le courant ne varie que très peu dans chaque série, une fois toutes les séries bien allumées, et se maintient très près de 10 ampères par série.

Le programme comportait des courts-circuits automatiques destinés à parer aux inconvénients de l'extinction d'une lampe. Il ne fixait pas, du reste, le nombre des lampes de chaque série.

La Société normande d'Électricité a demandé et obtenu l'autorisation de supprimer ces appareils, dont elle ne pouvait garantir le fonctionnement irréprochable. En

fait, les séries étant suffisamment nombreuses et les lampes soigneusement quinconcées entre elles, l'expérience a prouvé qu'on pouvait s'en passer sans inconvénient.

Le circuit à incandescence comporte quelques lampes destinées à éclairer la machinerie, et en outre le feu fixe installé sur le môle est du bassin aux bois. Les lampes sont placées dans une lanterne analogue à celle des feux de rive de la Seine, qui peut être descendue jusqu'à terre pour le changement des lampes. La ligne entre le dernier pylone et celui du môle est portée sur des poteaux en bois.

Essais photométriques. — Les essais de réception ont non seulement porté sur la puissance des machines, ce qui, du reste, a conduit à la modification du condenseur, mais encore sur la puissance lumineuse des foyers.

On a déterminé la courbe photométrique d'une des lampes munie de son globe opale, c'est-à-dire dans les conditions pratiques de fonctionnement (planche page 36 *bis*).

On s'est servi comme photomètre d'une tige tenue verticalement et projetant sur un écran horizontal deux ombres dont on égalait l'intensité, l'une fournie par la lampe à arc, l'autre par un étalon. On avait, à cet effet, étalonné au préalable quelques lampes à incandescence et dressé pour chacune un tableau indiquant sa puissance lumineuse en fonction du voltage aux bornes. De la sorte l'une d'elles pouvait casser ou brûler au cours de l'expérience et être facilement remplacée aussitôt par une autre, sans interrompre les essais.

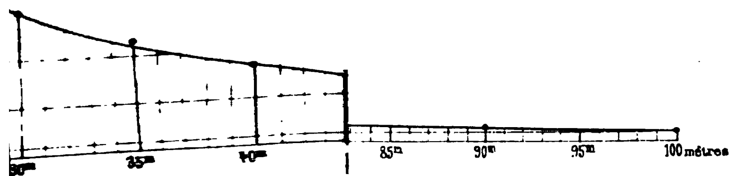
Dans le but de blanchir la lumière ordinairement jaune du filament incandescent, on se servait de lampes de 10 bougies poussées bien au-dessus de leur puissance lumineuse normale par un voltage plus élevé que l'ordinaire. De la sorte, les deux ombres avaient assez sensiblement la même couleur, et leur intensité était facile à

ètrique d'une lampe



Éc

Courbe des écla



-Imp L Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

comparer. Par contre, les lampes-étalons brûlaient facilement, et il fallait en avoir plusieurs étalonnées d'avance comme nous venons de le dire.

On a obtenu ainsi un certain nombre de points de la courbe en plaçant l'écran et la tige du photomètre successivement à des distances croissantes du pied du pylone. On avait reconnu par un premier essai qu'il était impraticable de faire varier la hauteur de la lampe à arc au-dessus du sol sans modifier à chaque instant son réglage. Malgré les précautions prises, il est clair que chaque point de la courbe fait partie d'un état particulier du foyer et, par suite, peut ne pas correspondre exactement avec les autres. La courbe, qui a été tracée en cherchant à se rapprocher le plus possible des points trouvés, représente donc un état moyen de la puissance d'éclairement suivant les différents angles au-dessous de l'horizontale.

On en a déduit d'abord la courbe des éclairements sur le sol, puis, en ajoutant entre eux en chaque point du terre-plein les éclairements dus à chaque lampe voisine, les courbes isolux du plan (*fig.* 3, pl. 2) qui donne, en somme, la mesure des résultats pratiques obtenus par l'installation en question.

Ces courbes montrent que l'éclairement horizontal ne descend pas au-dessous de 1 lux sur le terre-plein du quai maritime et de $0^{lux},50$ sur celui du bassin aux bois, sauf sur la berge elle-même. L'éclairement vertical est naturellement meilleur encore, et l'on peut facilement lire dans toutes les parties du terre-plein maritime.

Résultats économiques. — Les résultats économiques sont les suivants : l'entretien des lampes, y compris le changement des charbons, est fait pour le compte de la Ville par la Société normande d'Électricité, moyennant la somme forfaitaire annuelle de 5.000 francs.

La Chambre de Commerce fournit à la Ville l'énergie

électrique pour la somme annuelle et forfaitaire de 5.000 francs. En fait, ses dépenses, notablement supérieures, peuvent s'évaluer, pour une année, comme il suit :

Personnel (un mécanicien, un chauffeur).....	3.900 fr.
Charbon	3.150
Huile.....................................	180
Divers....................................	150
	7.380 fr.

La Chambre de Commerce dépense donc plus qu'elle ne reçoit; mais, d'autre part, elle est autorisée à percevoir, s'il y a lieu, des taxes sur les négociants qui utiliseront l'éclairage pour des déchargements de nuit.

Enfin on doit compter avec un amortissement qui, évalué à 8 0/0 des frais de premier établissement, donne 4.360 francs par an.

Le prix de revient du kilowatt-heure s'établit comme il suit, en tablant sur un éclairage annuel de 3.600 heures, donnant, par suite, un nombre de kilowatts-heure égal à $\frac{70 \times 220 \times 3.600}{1.000}$, soit 55440 kilowatts-heure.

Fourniture d'énergie électrique..................	0 fr. 133
Amortissement....................................	0 fr. 079
Prix du kilowatt-heure à l'usine............	0 fr. 212
Entretien des lampes et changement des charbons..	0 fr. 090
Prix du kilowatt-heure utilisé, tout compris.	0 fr. 302

Le prix du foyer-heure, qui s'établit d'une manière analogue, revient, à raison de 550 watts-heure en moyenne par foyer, à 0 fr. 166.

Conclusions. — Ce prix peut paraître un peu élevé pour une installation où le charbon est à bas prix ; mais il

est, en somme, plus faible que dans beaucoup d'autres analogues.

Il faut d'ailleurs faire les remarques suivantes :

L'installation rend des services que le gaz était impuissant à rendre, c'est-à-dire permet d'utiliser pratiquement les quais pendant la nuit. En fait, ce travail est devenu absolument courant, surtout au commencement de l'hiver. Il faut dès lors comparer les résultats de l'installation électrique avec ceux d'une autre installation électrique possible.

Or la Société normande d'Électricité fait payer à Rouen le kilowatt-heure à raison de 0 fr. 80 aux particuliers et de 0 fr. 45 aux administrations et à la ville de Rouen, non compris le remplacement des charbons, payé séparément 0 fr. 08 par kilowatt-heure.

C'est donc à un prix de 0 fr. 53 le kilowatt-heure qu'il faut comparer celui de 0 fr. 302 que nous avons trouvé comme prix de revient. Il y a donc une économie nette de 0 fr. 23 environ par kilowatt-heure, soit, pour 55.440 kilowatts-heure, une économie annuelle de près de 13.000 fr., sur les frais d'une installation identique exploitée par l'industrie privée pour le compte de la Ville.

L'éclairement obtenu est plus que suffisant. Peut-être même, si l'on avait à recommencer l'installation, chercherait-on à espacer un peu plus les pylones sur le bord du quai. Peut-être aussi chercherait-on à employer des courants alternatifs, comme on vient de le faire sur la rive droite de la Seine, où des essais récents ont montré qu'on pouvait obtenir de bons résultats avec des lampes Kremenetsky.

Sans examiner tous les perfectionnements possibles, contentons-nous de constater que le premier essai d'éclairage électrique du port de Rouen a donné d'excellents résultats, sauf peut-être pour la Chambre de Commerce, qui se trouve dépenser plus qu'on ne comptait tout d'abord.

On a en effet réussi à éclairer les terre-pleins en question, de manière à permettre les déchargements de nuit.

Or ce résultat, impossible avec le gaz, a été obtenu plus économiquement qu'en s'adressant à l'industrie électrique locale.

Le devis-programme et la convention entre les parties intéressées avaient été élaborés par MM. Cadart, ingénieur ordinaire, et Guiard, ingénieur en chef. L'exécution a été dirigée sous les ordres de M. Guiard, par l'auteur de la présente note.

Caen, le 19 novembre 1897.

N° 4

NOTE

SUR LES GARDE-CORPS

DES

PONTS SUSPENDUS RIGIDES

Par M. MÉTOUR, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

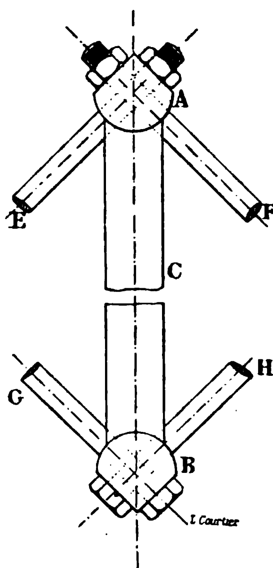
Dans les ponts suspendus rigides, le garde-corps est un organe de résistance très important qu'on a besoin de calculer avec une certaine rigueur, et on peut y arriver commodément en se servant de la théorie donnée par M. l'Inspecteur Général Maurice Lévy dans les *Annales des Ponts et Chaussées* de 1886 (deuxième semestre).

Avant d'aborder l'application de la méthode Maurice Lévy au calcul des garde-corps des ponts suspendus, quelques explications sont indispensables.

Les types des garde-corps actuellement employés sont nombreux ; il est inutile de les passer tous en revue. En général, ils comprennent deux lisses reliées de distance en distance par des montants verticaux réunis par des pièces inclinées formant très souvent croix de Saint-André.

Dans un des types les plus en faveur les lisses horizontales sont des fers en **U**, la lisse supérieure est com-

plétée par des fers zorès formant main courante, les poteaux verticaux sont terminés par des rotules en fonte sur lesquelles, viennent se boulonner les pièces inclinées formant croisillon. Dans la figure ci-contre, en A et B sont les rotules, le montant est figuré par C, les croisillons sont E, F, G, H.



Quand on monte le garde-corps, les croisillons sont tendus et le montant comprimé, et cela subsiste jusqu'au passage d'un poids mobile suffisant pour faire fléchir le garde-corps ; pendant la flexion certains croisillons sont étendus, d'autres devraient être comprimés; mais, d'après leur mode de fixation, ils ne peuvent travailler efficacement à la compression, il y a chance pour que les pièces étendues soient les seules agissant efficacement, elles pourront être chargées au-delà de ce qui convient.

Un système est articulé quand les pièces qui le constituent peuvent effectuer séparément des rotations très faibles autour de leur axe d'articulation ; ce n'est pas le cas dans la figure ci-dessus: la rotule A, les croisillons E et F sont invariablement liés les uns aux autres et, pendant la flexion du garde-corps, il se produit des efforts difficilement analysables ; pour un garde-corps constitué comme celui dessiné plus haut, ce n'est qu'empiriquement qu'on peut fixer ses dimensions.

Tout garde-corps, constitué comme l'indique la figure, est démontable, réglable, à pièces interchangeables ; mais,

ne formant pas un système triangulé strict, il n'est pas calculable (*).

En s'aidant des méthodes données par M. Maurice Lévy, dans le numéro des *Annales* ci-dessus cité, pour calculer le moment fléchissant supporté par une poutre garde-corps d'un pont suspendu, le calcul d'un système strict est d'une grande simplicité.

M. Maurice Lévy admet que, sous l'influence d'une surcharge quelconque, le câble restant sensiblement parabolique, il se produira par mètre courant de tablier un effort ascendant q et appelant :

M, le moment fléchissant subi par le garde-corps supporté par le câble ;

M_s, le moment imposé dans le cas où le câble serait supprimé ;

m, le moment dans la poutre dû à une force ascendante de 1 kilogramme par mètre courant de pont, il écrit :

$$M = M_s - mq.$$

Pour le cas où il n'y a pas de haubans et pour une charge mobile P appliquée à une distance α de l'origine de l'ouvrage, de portée l, il trouve :

$$q = 5\frac{P}{l}\frac{\alpha}{l}\left(1 - \frac{\alpha}{l}\right)\left(1 + \frac{\alpha}{l} - \frac{\alpha^2}{l^2}\right);$$

pour un point d'abscisse x il vient :

$$M = P\frac{l-\alpha}{l}x - \frac{qx(l-x)}{2} \text{ pour } x < \alpha,$$

$$M = P\frac{\alpha}{l}(l-x) - \frac{qx(l-x)}{2} \text{ pour } x > \alpha.$$

(*) Voir, à ce sujet, l'opinion de M. Résal dans son *Traité des Ponts métalliques*, premier volume, p. 166, conseillant un type rationnel sans pièces surabondantes et pouvant supporter sans flamber les efforts de compression permanente ou accidentelle.

En faisant $\beta = 5\,\frac{\alpha}{l}\left(1 - \frac{\alpha}{l}\right)\left(1 + \frac{\alpha}{l} - \frac{\alpha^2}{l^2}\right)$, ce qui donne $q = \beta\,\frac{P}{l}$, on peut écrire :

$$(1)\quad \begin{cases} M_1 = Pl\left[\frac{x}{l}\left(1 - \frac{\alpha}{l}\right) - \frac{\beta}{2}\left(1 - \frac{x}{l}\right)\right] \text{ pour } x < \alpha \\ M_2 = Pl\left[\left(1 - \frac{x}{l}\right)\left(\frac{\alpha}{l} - \frac{\beta}{2}\frac{x}{l}\right)\right] \text{ pour } x > \alpha. \end{cases}$$

La valeur de l'effort tranchant T se détermine en remarquant que les forces agissant sur la poutre, pour un point d'abscisse x situé entre l'appui de gauche et la charge P, sont :

1° La réaction de l'appui de gauche $P\,\frac{l - \alpha}{l}$;

2° Un effort de même sens que cette réaction, dû aux forces ascendantes s'exerçant entre l'appui de gauche et le point considéré. Cet effort est qx ;

3° La réaction de l'appui de gauche $-\frac{ql}{2}$ dû aux forces ascendantes.

Au point d'abscisse x, placé entre l'appui de gauche et la charge P, on a :

$$T_1 = P\,\frac{l - \alpha}{l} + q\left(x - \frac{l}{2}\right).$$

Pour un point placé entre la charge P et l'appui de droite, l'effort tranchant est égal à :

$$T_1 - P = T_2 \qquad \text{ou} \qquad T_2 = -P\,\frac{\alpha}{l} + q\left(x - \frac{l}{2}\right).$$

On pourra donc écrire :

$$(2)\quad \begin{cases} T_1 = P\left[\left(1 - \frac{\alpha}{l}\right) + \left(\frac{x}{l} - \frac{1}{2}\right)\beta\right] \\ T_2 = -P\left[\frac{\alpha}{l} + \beta\left(\frac{1}{2} - \frac{x}{l}\right)\right]. \end{cases}$$

Nous servant des groupes de formules (1) et (2), en supposant P et l égaux à l'unité, nous avons calculé des valeurs de M et de T pour des valeurs de $\frac{d}{l}$ et de $\frac{x}{l}$ variant de 0,05 en 0,05; cela nous a permis d'établir les tableaux A et B donnant $\frac{M}{Pl}$ et $\frac{T}{P}$. (Voir page 56.)

Dans le cas où il y a des haubans, M. Maurice Lévy admet l'encastrement aux appuis, et il donne des formules que nous écrivons sous la forme suivante en faisant :

$$q = 30P\,\frac{\alpha^2\,(l_0-\alpha)^2}{l_0^5} \qquad \text{et} \qquad \beta = \frac{30\alpha^2\,(l_0-\alpha)^2}{l_0^4},$$

l_0 étant la portée supportée par les câbles :

$$(3)\left\{\begin{array}{l} M_1 = Pl_0\left\{\left(1-\frac{\alpha}{l_0}\right)^2\left[\left(1+\frac{2\alpha}{l_0}\right)\frac{x}{l_0}-\frac{\alpha}{l_0}\right]-\beta\left[\frac{x}{2l_0}\left(1-\frac{x}{l_0}\right)-\frac{1}{12}\right)\right]\right\} \\ \quad \text{pour } x < \alpha \\ M_2 = Pl_0\left\{\left(\frac{\alpha}{l_0}\right)^2\left[\left(3-\frac{2\alpha}{l_0}\right)\left(1-\frac{x}{l_0}\right)-\left(1-\frac{\alpha}{l_0}\right)-\beta\left[\frac{x}{2l_0}\left(1-\frac{x}{l_0}\right)-\frac{1}{12}\right]\right\} \\ \quad \text{pour } x > \alpha. \end{array}\right.$$

A l'appui de gauche il se développe une réaction X ; par suite, en un point d'abscisse x, situé entre l'appui de gauche et la charge mobile, on aura :

$$T = X + q\left(x - \frac{l_0}{2}\right).$$

Mais :

$$X = P\,\frac{(l_0-\alpha)^2}{l_0^3}\,(l_0+2\alpha)$$

et

$$q = 30P\,\frac{\alpha^2\,(l_0-\alpha)^2}{l_0^5} = \frac{P\beta}{l_0};$$

il viendra par suite :

$$(4)\left\{\begin{array}{l} T_1 = P\left[\left(1-\frac{\alpha}{l_0}\right)^2\left(1+\frac{2\alpha}{l_0}\right)+\beta\left(\frac{x}{l_0}-\frac{1}{2}\right)\right] \text{ pour } x < \alpha \\ T_2 = P\left[2\left(\frac{\alpha}{l_0}\right)^3-3\left(\frac{\alpha}{l_0}\right)^2+\beta\left(\frac{x}{l_0}-\frac{1}{2}\right)\right] \text{ pour } x > \alpha \end{array}\right.$$

Les groupes (3) et (4) nous ont permis d'établir les tableaux C et D donnant $\frac{M}{Pl}$ et $\frac{T}{P}$.

Application des formules de M. Maurice Lévy au calcul des dimensions d'un garde-corps. — Pour déterminer l'effet des charges mobiles sur une poutre, on pourrait employer les méthodes indiquées par M. Maurice Lévy, et nous ne pouvons sur ce point que renvoyer à l'article précité des *Annales*. Si on ne voulait pas recourir aux procédés de la statique graphique, on obtiendrait très commodément des résultats suffisamment approchés en procédant comme suit.

Si l'on était dans le cas d'un pont suspendu sans haubans, on déterminerait la valeur des moments fléchissants et des efforts tranchants développés dans une poutre garde-corps, en se servant des tableaux A et B.

Les convois peuvent être composés de voitures de types différents se suivant à des distances variables et, dans ces conditions, pour trouver la combinaison donnant le moment ou l'effort tranchant maximum maximorum, on aurait à examiner un très grand nombre de combinaisons.

On peut simplifier les recherches en convenant que l'ouvrage est parcouru par des voitures à chargement connu, le même pour toutes, traînées par des attelages de composition également connue et invariable.

Ainsi, appliquant les règles communément suivies, on peut admettre que le pont est parcouru par des voitures à un essieu chargé de 11 tonnes, longues de 4 mètres, traînées par cinq chevaux occupant ensemble $12^m,50$, et qu'entre le derrière d'une voiture et la tête du cheval qui la suit il y a un intervalle de $3^m,50$.

Ces diverses longueurs donnent ensemble 20 mètres, et les charges supposées réduites à celle des essieux se suivront à une distance $a = 20$ mètres.

En procédant ainsi, on néglige le poids des chevaux; mais ce poids, pouvant être considéré comme uniformément réparti, et c'est à peu près vrai quand toute la travée est couverte, ne charge guère que les câbles et a une influence très faible sur la poutre.

La composition de la charge mobile étant déterminée, on peut remarquer, en consultant les tableaux A et B :

1° Que, dans le cas d'un seul véhicule, la valeur maximum du moment fléchissant, pour un point d'abscisse $\frac{x}{l}$, est précisément réalisé quand l'essieu chargé passe à l'aplomb du point considéré, c'est-à-dire quand $\frac{x}{l} = \frac{\alpha}{l}$.

2° Que les charges aussi rapprochées que possible d'un point, pour lequel le moment dû à une seule voiture est maximum, en ne tenant compte que des valeurs de M de même signe, sont celles qui ont le plus d'influence sur ce point.

Les mêmes remarques s'appliquent aux efforts tranchants.

Cela étant admis, il est facile de se servir des tableaux A et B pour déterminer le maximum des efforts tranchants et des moments fléchissants.

Faisons comme il a été convenu plus haut :

$$P = 11 \text{ tonnes}, \qquad a = 20 \text{ mètres}.$$

Si on avait à calculer un garde-corps pour un ouvrage de 100 mètres de portée, alors $\frac{a}{l} = 0,20$.

Nous remarquerons que, pour une charge à distance $\frac{x}{l} = 0,05$ de l'appui de gauche, les charges $\frac{a}{l} = 0,25 = 0,45 = 0,65 = 0,85$ ajoutent leur effet à celui de la charge $\frac{\alpha}{l} = 0,05$.

Pour une section d'abscisse $\frac{x}{l} = 0,05$, on a :

$$M = 0,04159 \qquad \text{dû à } \frac{\alpha}{l} = 0,05;$$

la charge $\frac{\alpha}{l} = 0,25$ donne $M = 0,01106$.

Mais pour, $\frac{\alpha}{l} = 0,45$ et les valeurs de $\frac{\alpha}{l}$ plus grandes que 0,45, la valeur de M est négative, et le maximum positif de M pour l'abscisse $\frac{x}{l} = 0,05$ est égal à 0,05265, soit 0,053 par excès.

Il est facile de s'assurer que les combinaisons de charges, distantes de $\frac{\alpha}{l} = 0,20$, donneront une valeur négative de M inférieure à 0,05265.

En faisant les mêmes recherches pour :

$$\frac{\alpha}{l} = 0,10 = 0,15 = 0,20 \ldots$$

on peut dresser le tableau suivant.

ABSCISSES PRISES par rapport à l'appui de gauche, les charges venant de gauche	VALEURS DE $\frac{\alpha}{l}$ pour les charges combinées	VALEURS MAXIMUM du moment fléchissant	ABSCISSES PRISES par rapport à l'appui de gauche, les charges venant de droite
0,05	0,05 + 0,25	0,053	0,95
0,10	0,10 + 0,30	0,081	0,90
0,15	0,15 + 0,35	0,090	0,85
0,20	0,20 + 0,40	0,087	0,80
0,25	0,25 + 0,05	0,097	0,75
0,30	0,30 + 0,10	0,095	0,70
0,35	0,35 + 0,15	0,084	0,65
0,40	0,40 + 0,20	0,069	0,60
0,45	0,45 + 0,25	0,0565	0,55
0,50	0,50 + 0,30	0,0547	0,50

Le moment maximum maximorum sera donc voisin de $0,097Pl$, soit $0,1Pl$ en nombre rond.

En se servant du tableau B, comme il vient d'être dit pour le tableau A, en recherchant pour chaque abscisse quelle est la combinaison de charges donnant l'effort tranchant le plus élevé en valeur absolue, on pourra dresser le tableau suivant :

ABSCISSES PRISES par rapport à l'appui de gauche, les charges venant de gauche	VALEURS DE $\frac{x}{l}$ pour les charges combinées donnant le maximum	VALEUR ABSOLUE de l'effort tranchant	ABSCISSES PRISES par rapport à l'appui de gauche, les charges venant de droite
0	0,00 + 0,20	1,336	1,00
0,05	0,05 + 0,25	1,187	0,95
0,10	0,10 + 0,30	0,832	0,90
0,15	0,15 + 0,35	0,7597	0,85
0,20	0,20 + 0,40	0,6752	0,80
0,25	0,05 + 0,25 + 0,70 + 0,90	0,6807	0,75
0,30	0,30 + 0,10	0,7522	0,70
0,35	0,35 + 0,15	0,8172	0,65
0,40	0,40 + 0,20	0,8416	0,60
0,45	0,05 + 0,25 + 0,45	0,8949	0,55
0,50	0,10 + 0,30 + 0,50	0,90	0,50

Aux appuis l'effort tranchant peut atteindre 1,336P pour décroître jusqu'à 0,6752P pour $\frac{x}{l} = 0,25$, puis croître jusqu'à l'abscisse $\frac{x}{l} = 0,50$, où il atteint 0,90P.

En remarquant que l'effort tranchant, égal à 1,336P aux appuis, décroît très rapidement, on pourra calculer les organes du garde-corps pour $T = 0,90P$, sauf, si cela est utile, à renforcer les pièces de la triangulation aux environs des appuis.

L'emploi des tableaux C et D permettrait de calculer M et T dans le cas où on aurait des haubans.

On trouve alors que le moment fléchissant maximum maximorum se produit aux appuis et a pour valeur $0,069Pl$, soit $0,07Pl$, et que l'effort tranchant peut atteindre 1,51P aux appuis pour décroître jusqu'à $\frac{x}{l} = 0,35$ et croître jusqu'au milieu de la portée où T devient 0,74P.

Nous avons appliqué les recherches précédentes à la détermination des dimensions d'un garde-corps à système triangulé strict du genre Warren comprenant deux lisses en fers cornières à branches inégales, à deux par lisse, la lisse supérieure portant un fer zorès faisant main courante (Voir la planche de dessins page 52 *bis*).

Des montants verticaux réunissent les deux lisses. Ces montants sont composés de deux pièces en acier coulé, percées de trous pour recevoir les axes d'articulation, réunies par des fers à **T** en acier laminé.

Un montant est joint à son voisin par un tendeur, en deux parties réunies par quatre boulons avec deux écrous et deux contre-écrous par boulon. Chacune de ces parties comprend, à l'extrémité voisine de l'articulation, une pièce en acier coulé, percée d'un trou pour recevoir l'axe d'articulation ; à l'autre extrémité se trouve une deuxième pièce recevant les boulons d'assemblage dont il a été parlé plus haut ; ces deux pièces sont réunies par des profilés en forme de **T** en acier laminé.

Les pièces en acier coulé recevant les boulons comprennent une plaque parallélipipédique en acier percée de quatre trous avec laquelle est venue de fonte une pièce prismatique à base trapézoïdale servant à l'assemblage avec la pièce d'extrémité placée à l'articulation.

Nous avons fait nos calculs pour le cas où la largeur du pont permet de recevoir deux files de voitures et pour celui où il ne peut circuler qu'une seule file.

Prenons le cas d'une file et d'un ouvrage sans haubans.

Nous avons vu que, sur presque toute la portée, l'effort tranchant ne dépasse pas 0,90P. On peut admettre que la charge se répartit à peu près également entre les deux garde-corps ; l'effort tranchant sur chacun d'eux pour P = 11 tonnes sera voisin de $\frac{0,90 \times 11.000}{2} = 4.950$ kilogrammes.

L'effort selon un tendeur, étant égal à l'effort tranchant changé de signe divisé par le cosinus de l'angle fait par le tendeur avec la verticale, peut atteindre en valeur absolue $\frac{4.950 \times 2}{1.336} = 7.500$ kilogrammes.

Quant au moment fléchissant, il sera pour $l = 100^{m},00$:

$$M = \frac{0,1 \times 11.000 \times 100}{2} = 55.000 \text{ kilogrammes.}$$

Le moment d'inertie de la poutre étant 0,005136, et la fibre la plus fatiguée étant à 0,86 du centre de gravité, on aura :

$$R = \frac{55.000 \times 0,86}{0,005136} = 9^{kil},2.$$

C'est convenable pour de l'acier.

Sous l'effort d'une charge mobile, les pièces auront à supporter des renversements d'efforts ; avec certaines combinaisons de charges, l'effort tranchant sera tantôt positif, tantôt négatif.

Il convient dans ce cas de calculer les organes en vue d'un effort réduit R_1 égal à $\frac{R}{1 - 0,4\varphi}$ (formule de Séjourné), R étant la résistance de sécurité à ne pas dépasser, dans le cas où les forces agissent toujours dans le même sens, et φ étant le rapport positif ou négatif de l'effort minimum à l'effort maximum que la pièce aura à supporter.

Dans les cas les plus défavorables $\varphi = -1$; par suite, si on prend $R = 10$ kilogrammes, alors $R_1 = \frac{10}{1,4} = 7^{kil},14$.

Les montants ou les tendeurs pouvant être comprimés, on calculera la valeur de R_1, à l'aide de la formule semi-empirique :

$$R_1 = \frac{P}{\Omega}\left(1 + K\,\frac{l^2 \times \Omega}{I}\right),$$

l étant la longueur de la pièce comprimée, P l'effort agissant dans l'axe de cette pièce de section Ω et de moment d'inertie minimum I, K étant un coefficient que M. Résal recommande de faire égal à 0,00006.

Les montants, pour $T = 0,9P$, auront $R_1 = 4^{kg},35$.

Si T devient 1,336P, ce qui arrive aux appuis, $R_1 = 6^{kg},46$.

Pour les tendeurs $R_1 = 4^{kg},96$ pour $T = 0,9P$, et $R_1 = 7^{kg},34$ pour $T = 1,336P$.

C'est un peu plus que la limite trouvée.

Les boulons d'assemblage, ayant à eux quatre une section de 2.288 millimètres carrés, travaillent à $3^{kg},28$ pour $T = 0,9P$ et $4^{kg},85$ pour $T = 1,336P$.

D'après le général Morin, la tension imposée à des vis en fer ne devant pas dépasser $2^{kg},80$ au millimètre carré pour des vis en acier doux, on peut sans inconvénient aller à $\frac{2^{kg},80 \times 10 \text{ kilogrammes}}{6 \text{ kilogrammes}} = 4^{kg},66$. Cette limite sera dépassée de 4 0/0 aux appuis.

Les pièces recevant les boulons forment consoles, à la section d'encastrement; elles travaillent à $5^{kg},35$ pour $T = 0,9P$ et à $7^{kg},92$ aux appuis, quand T vaut 1,336P.

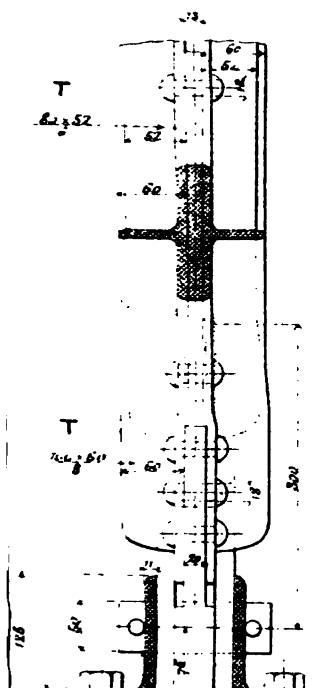
Les axes de rotation, ayant 40 millimètres de diamètre, travaillent à 6 kilogrammes, quand T vaut 0,90P, et à $8^{kg},90$, quand il atteint 1,336P.

L'effort de cisaillement sur les pièces en acier coulé servant à l'articulation pourra atteindre $5^{kg},3$ au millimètre carré pour $T = 0,9P$ et $7^{kg},85$ aux appuis.

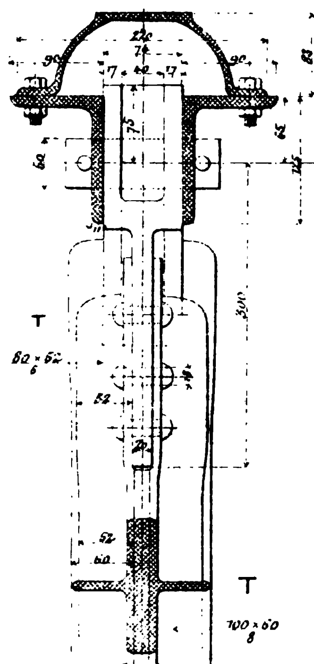
La rivure a été calculée en employant les méthodes ordinaires.

le portée

Coupe A B



Coupe C D



ESTIMATION DU MÈTRE COURANT D'UN GARDE-CORPS
POUR LE CAS D'UN OUVRAGE POUVANT RECEVOIR UNE FILE DE VOITURES.

NATURE DES PIÈCES DE L'OUVRAGE	POIDS	PRIX de l'unité	ESTIMATION
DÉTAIL POUR UN ESPACEMENT de 1 mètre.			
1° Poutre.			
ACIER LAMINÉ.			
Un cours Zorès de 220 × 83 millimètres formant main courante et pesant 14k,50 le mètre linéaire...........	14k,50		
Quatre cours cornières de $\frac{120.90}{9}$ pesant 16k,400 le mètre linéaire..	65 ,50		
Couvre-joints et boulons...........................	3 ,42		
Ensemble....................	83k,52		
d'acier laminé, ajusté, percé, peint et posé à		0f,44	36f,75
2° Montant.			
ACIER COULÉ.			
Attache du montant.			
$2\times\frac{\pi\times 0.06^2}{2}\times 0{,}014 = 0{,}0001583$			
$2\times\frac{0.11+0.12}{2}\times 0{,}014\times 0{,}08 = 0{,}0002576$			
$0{,}14\times 0{,}02\times 0{,}063 = 0{,}0001764$			
$\frac{0.07+0.10}{2}\times 0{,}155\times 0{,}02 = 0{,}0002635$			
Poids. 7800 × 0,0008558 = 6k,675			
Un semblable......... 6 ,675			
Poids pour 1m,50 de longueur.......... 13k,35			
Poids par mètre linéaire $\frac{13.35}{1{,}50}$ = ...	8k,90		
d'acier coulé, ajusté, percé, peint et posé à............		0f,70	6f,23
ACIER LAMINÉ.			
Fer à T $\frac{70.40}{8}$ pesant 6k,800 le mètre courant :			
1m,09 × 6k,800.............. 7k,41			
Un semblable............ 7 ,41			
Rivure.................. 0 ,50			
Poids pour 1m,50 de longueur......... 15k,32			
Poids par mètre linéaire $\frac{15{,}32}{1.50}$ = ...	10k,21		
d'acier laminé, ajusté, percé, peint et posé à...........		0f,44	4f,49
A reporter...........			47f,47

NATURE DES PIÈCES DE L'OUVRAGE	POIDS	PRIX de l'unité	ESTIMATION
Report..............			47^f,47
3e Tendeur.			
ACIER COULÉ.			
Pièces d'attache à l'articulation.			
$\frac{\pi \times 0{,}06^2}{2} \times 0{,}035 = 0{,}0001978$			
$\frac{0{,}115 + 0{,}12}{2} \times 0{,}035 \times 0{,}05 = 0{,}0002056$			
$\frac{0{,}09 + 0{,}115}{2} \times 0{,}16 \times 0{,}02 = 0{,}0003280$			
Poids. 7800 × 0,0007314 = 5^k,70			
Un semblable......... 5 ,70			
Poids pour 1^m,50 de longueur.......... 11^k,40			
Poids par mètre linéaire $\frac{11{,}40}{1{,}50}$ = ...	7^k,60		
d'acier coulé, ajusté, percé, peint et posé à............		0^f,70	5^f,12
PIÈCES D'ASSEMBLAGE MÉDIANES.			
ACIER COULÉ.			
$0{,}14 \times 0{,}14 \times 0{,}025 = 0{,}000490$			
$\frac{0{,}09 + 0{,}14}{2} \times 0{,}16 \times 0{,}02 = 0{,}000368$			
Poids. 7800 × 0,000858 = 6^k,69			
Un semblable.......... 6 ,69			
Poids pour 1^m.50 de longueur.......... 13^k.38			
Poids par mètre linéaire $\frac{13.38}{1{,}50}$ = ...	8^k.92		
d'acier coulé, ajusté, percé, peint et posé à.............		0^f.70	6^f,24
ACIER LAMINÉ.			
Fer à T $\frac{90.60}{8}$ pesant 9^k.47 le mètre courant:			
2 × 0,85 × 9^k,47 = ... 16^k,10			
Un semblable.......... 16 ,10			
Rivure................ 1 ,20			
Poids pour 1^m,50 de longueur.......... 33^k,40			
Poids par mètre linéaire $\frac{33{,}40}{1{,}50}$ = ...	22^k,27		
d'acier laminé, ajusté, percé, peint et posé à...........		0^f,44	9^f.80
4 Boulons de 30 millimètres............. 2^k,35			
16 Têtes et écrous...................... 7^k,20			
Poids pour 1^m,50 de longueur.......... 9^k,55			
Poids par mètre linéaire $\frac{9.55}{1.50}$	6^k.37		
d'acier forgé, fileté, ajusté, peint et posé à.......		0^f,60	3^f,82
A reporter..........			72^f,45

NATURE DES PIÈCES DE L'OUVRAGE	POIDS	PRIX de l'unité	ESTIMATION
Report.............			72f,45
GOUJONS-TOURILLONS.			
Partie non comptée dans les pièces ci-dessus : $2 \times 3{,}14 \times \overline{0.02}^2 \times 0{,}10 \times 7800 =$ 1k,95			
Poids par mètre linéaire $\frac{1{,}95}{1{,}50} =$	1k,30		
d'acier coulé, ajusté, peint et posé à..................		0f,70	0f,91
4° Fil galvanisé.			
4 rangs de cordelles en 7 fils galvanisés N° 15..	1k,33	0f,78	1f,03
Prix du mètre courant de garde-corps.......			74f,39

Cela donnerait, pour une portée de 100 mètres et deux garde-corps............ 2 × 74,39 × 100 = 14.878 fr.
A ajouter pour arcs-boutants.................... 350
Boîtes en fonte pour dilatation.................. 150

Soit en tout................ 15.378 fr.

Soit 155 francs le mètre courant.

Dans le cas d'un ouvrage pouvant supporter deux files de voitures, la dépense s'élèverait à 101 fr. 35 le mètre courant, soit pour une portée de 100 mètres.................... 20.270 fr.
auxquels il convient d'ajouter pour arcs-boutants et boîtes en fonte pour dilatation.................... 500

Total général.............. 20.770 fr.

Soit 210 francs le mètre courant.

Tournon, le 22 décembre 1897.

TABLEAUX.

Cas d'un pont suspendu sans haubans.

TABLEAU A. — *Valeurs du moment fléchissant* M.

$\frac{\alpha}{l}$	β	VALEUR DE M POUR $\frac{x}{l}$ =												OBSERVATIONS
		0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50		
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,00	Le tableau donne directement les valeurs de M pour $\frac{\alpha}{l}$ et $\frac{x}{l}$ compris entre 0 et 0,50. De 0,50 à 1,00 on prend $\frac{x}{l}$ en bas, $\frac{\alpha}{l}$ dans la dernière colonne à droite, et à la rencontre se trouve la valeur cherchée.
0,05	0,24878	0,000	0,04159	0,0338	0,02664	0,02010	0,01418	0,00888	0,00401	0,00015	—0,00329	—0,00610	0,95	
0,10	0,4905	0,000	0,03335	0,06793	0,05372	0,04076	0,02901	0,01850	0,00920	0,00114	—0,00569	—0,01131	0,90	
0,15	0,71878	0,000	0,02543	0,05265	0,08168	0,06250	0,04511	0,02953	0,01574	0,00374	—0,00644	—0,01485	0,85	
0,20	0,928	0,000	0,01746	0,03824	0,06084	0,08576	0,063	0,04256	0,02444	0,00864	—0,00484	—0,016	0,80	
0,25	1,11328	0,000	0,01106	0,02490	0,04153	0,06293	0,08313	0,05810	0,03586	0,0164	—0,00026	—0,01416	0,75	
0,30	1,2705	0,000	0,00482	0,01287	0,02400	0,03836	0,05589	0,07660	0,05048	0,02754	+0,00777	—0,00881	0,70	
0,35	1,39628	0,000	—0,00066	0,00217	0,00849	0,01830	0,03160	0,03339	0,06867	0,04244	0,01971	+0,00046	0,65	
0,40	1,488	0,000	—0,00534	—0,00696	—0,00486	0,00096	0,0105	0,02376	0,04074	0,06144	0,03586	0,014	0,60	
0,45	1,54378	0,000	—0,00916	—0,01445	—0,01590	—0,01347	—0,00720	0,00293	0,01692	0,03475	0,05649	0,03206	0,55	
0,50	1,5625	0,000	—0,01210	—0,02031	—0,02460	—0,0250	—0,02148	—0,01406	—0,00273	0,0125	0,03164	0,05468	0,50	
0,55	1,54378	0,000	—0,01416	—0,02447	—0,03091	—0,03350	—0,03223	—0,02709	—0,01810	—0,00525	0,01146	0,03206	0,45	
0,60	1,488	0,000	—0,01534	—0,02696	—0,03486	—0,03904	—0,0395	—0,03624	—0,02926	—0,01856	—0,00414	0,014	0,40	
0,65	1,39628	0,000	—0,01566	—0,0278	—0,0365	—0,0417	—0,0434	—0,0416	—0,03632	—0,02735	—0,01529	0,00046	0,35	
0,70	1,2705	0,000	—0,01517	—0,02717	—0,03599	—0,04164	—0,0441	—0,0434	—0,03951	—0,03246	—0,02222	—0,00881	0,30	
0,75	1,11328	0,000	—0,0139	—0,0250	—0,0334	—0,0390	—0,04187	—0,04189	—0,03913	—0,03359	—0,02526	—0,01416	0,25	
0,80	0,928	0,000	—0,0120	—0,0217	—0,02916	—0,03424	—0,037	—0,03744	—0,03556	—0,03136	—0,02484	—0,016	0,20	
0,85	0,71878	0,000	—0,00957	—0,01734	—0,02332	—0,0275	—0,02988	—0,03047	—0,02926	—0,02625	—0,02145	—0,01485	0,15	
0,90	0,4905	0,000	—0,00664	—0,01272	—0,016269	—0,01924	—0,02098	—0,02150	—0,02079	—0,01886	—0,015698	—0,01131	0,10	
0,95	0,24878	0,000	—0,00340	—0,00619	—0,00836	—0,00990	—0,01082	—0,01112	—0,010798	—0,00985	—0,00829	—0,00610	0,05	
1,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	
		1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50		
		Valeur de M pour $\frac{x}{l}$ =											$\frac{\alpha}{l}$	

$\frac{\alpha}{l}$	β	VALEUR DE T POUR $\frac{x}{l}$ = 0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	
0	0,000	1,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0.000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,00
0,05	0,24878	0,82561	-0,16195 +0,83805	-0,14951	-0,13707	-0,12463	-0,11219	-0,09976	-0,08732	-0,07488	-0,06244	-0,05	0,95
0,10	0,4905	0,65497	+0,67927	-0,2962 +0,7038	-0,27167	-0,24715	-0,22262	-0,1981	-0,17357	-0,14905	-0,12452	-0,10	0,90
0,15	0,71878	0,49061	0,52655	0,56249	-0,40157 +0,59843	-0,36563	-0,32969	-0,29376	-0,25782	-0,22188	-0,18594	-0,15	0,85
0,20	0,928	0,336	0,3824	0,4288	+0,4752	-0,4784 +0,5216	-0,43200	-0,3856	-0,3392	-0,2928	-0,2464	-0,20	0,80
0,25	1,11328	0,19336	0,24902	0,30469	0,36035	0,41601	-0,52832 +0,47168	-0,47266	-0,41699	-0,36133	-0,30566	-0,25	0,75
0,30	1,2705	0,06475	0,12827	0,1918	0,25532	0,31885	0,38237	-0,55410 +0,44590	-0,49057	-0,42705	-0,36352	-0,30	0,70
0,35	1,39628	-0,04814	0,02167	0,09149	0,16130	0,23111	0,30093	0,37074	-0,55944 +0,44056	-0,48963	-0,41981	-0,35	0,65
0,40	1,488	-0,144	-0,0696	0,0048	0,0792	0,1536	0,2280	0,3024	0,3768	-0,5488 +0,4512	-0,4744	-0,40	0,60
0,45	1,54378	-0,22189	-0,14470	-0,06751	0,00968	0,08686	0,16405	0,24124	0,31843	0,39562	-0,52719 +0,47281	-0,45	0,55
0,50	1,5625	-0,28125	-0,20312	-0,125	-0,04687	0,03125	0,10937	0,1875	0,26512	0,34375	0,42187	-0,50 +0,50	0,50
0,55	1,54378	-0,32189	-0,24470	-0,16751	-0,09032	-0,01313	0,06405	0,14124	0,21843	0,29562	0,37281	0,45	0,45
0,60	1,488	-0,344	-0,2696	-0,1952	-0,1208	-0,0464	0,0280	0,1024	0,1768	0,2512	0,3256	0,40	0,40
0,65	1,39628	-0,34814	-0,27833	-0,20851	-0,13870	-0,06888	0,00930	0,07074	0,14056	0,21037	0,28018	0,35	0,35
0,70	1,2705	-0,33525	-0,27172	-0,2082	-0,14467	-0,08115	-0,01762	0,04590	0,10942	0,17229	0.23647	0,30	0,30
0,75	1,11328	-0,30664	-0,25098	-0,19531	-0,13965	-0,08398	-0,02832	0,02344	0,08301	0,13867	0,19433	0,25	0,25
0,80	0,928	-0,264	-0,2176	-0,1712	-0,1248	-0,0784	-0,032	0,0144	0,0608	0,1072	0,1536	0,20	0,20
0,85	0,71878	-0,20939	-0,17345	-0,13751	-0,10157	-0,06563	-0,02969	0,00624	0,04218	0,07812	0,11406	0,15	0,15
0,90	0,4905	-0,14502	-0,12072	-0,0962	-0,07167	-0,04715	-0,02262	0.0019	0,02642	0,05095	0,07547	0,10	0,10
0,95	0,24878	-0,07439	-0,06195	-0,04951	-0,03707	-0,02463	-0,01219	0,00024	0,01268	0,02512	0,03756	0,05	0,05
1,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0.000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0
		Valeur de T pour $\frac{x}{l}$ = 1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	$\frac{x}{l}$

OBSERVATIONS

Le tableau donne directement les valeurs de T pour $\frac{\alpha}{l}$ et $\frac{x}{l}$ compris entre 0 et 0,50. De 0,50 à 1,00 on prend $\frac{x}{l}$ en bas, $\frac{\alpha}{l}$ dans la dernière colonne à droite et à la rencontre se trouve la valeur cherchée qu'on change de signe.

Cas d'un pont suspendu avec haubans.

Tableau C. — *Valeurs du moment fléchissant M.*

$\frac{\alpha}{l}$	β	Valeur de M pour $\frac{x}{l}$ = 0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50		Observations
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,00	Même observation que pour le tableau A.
0,05	0,06769	−0,03948	+0,00855	0,00674	0,00511	0,00365	0,00236	0,00123	0,00028	−0,00051	−0,00112	−0,00157	0,95	
0,10	0,243	−0,06076	−0,01792	0,0255	0,01956	0,01421	0,00947	0,00533	0,00181	−0,00111	−0,00342	−0,00513	0,90	
0,15	0,48769	−0,06744	−0,03236	0,00424	0,04206	0,03110	0,02136	0,01283	0,00553	−0,00056	−0,00542	−0,00907	0,85	
0,20	0,768	−0,06400	−0,03744	−0,00896	0,02144	0,05376	0,03800	0,02416	0,01224	+0,00224	−0,00584	−0,01200	0,80	
0,25	1,05469	−0,05274	−0,03560	−0,01582	0,00659	0,03164	0,05932	0,03964	0,02260	+0,00820	−0,00357	−0,01270	0,75	
0,30	1,323	−0,03675	−0,02900	−0,01789	−0,00350	0,01421	0,03521	0,05953	0,03715	0,01809	+0,00232	−0,01013	0,70	
0,35	1,55269	−0,01849	−0,01945	−0,01653	−0,00974	0,00095	0,01551	0,03395	0,0[illegible]628	0,03249	+0,01258	−0,00345	0,65	
0,40	1,728	−0,00001	−0,00865	−0,01297	−0,01297	−0,00865	−0,00001	0,01295	0,03023	0,05183	0,02775	+0,00799	0,60	
0,45	1,83769	+0,01701	+0,00210	−0,00821	−0,01393	−0,01506	−0,01159	−0,00352	0,00913	0,02639	0,04823	+0,02467	0,55	
0,50	1,875	+0,03124	+0.01171	−0,00313	−0,01329	−0,01876	−0,01954	−0,01562	−0,00704	0,00624	0,02421	+0,04867	0,50	
0,55	1,83769	0,04176	0,01938	+0,00159	−0,01161	−0,02021	−0,02421	−0,02362	−0,01844	−0,00866	0,00571	+0,02467	0,45	
0,60	1,728	0,04799	0,02455	+0,00543	−0,00937	−0,01985	−0,02601	−0.02785	−0,02537	−0,01857	−0,00745	+0,00799	0,40	
0,65	1,55269	0,04976	0,02697	0,00806	−0,00700	−0,01810	−0,02537	−0,02875	−0,02825	−0,02386	−0,01560	−0,00345	0,35	
0,70	1,323	0.04725	0,02662	0,00931	−0,00470	−0,01539	−0,02279	−0,02687	−0,02765	−0,02511	−0,01928	−0,01013	0,30	
0,75	1,05469	0,04101	0,02378	0,00918	−0,00279	−0,01211	−0,01880	−0,02296	−0,0248	−0,02305	−0,01919	−0,01270	0,25	
0,80	0,768	0,03200	0,01896	0,00784	−0,00136	−0,00864	−0,01400	−0,01744	−0,01896	−0,01856	−0,01624	−0,01200	0,20	
0,85	0,48769	0,02151	0,01297	0,00564	−0,00016	−0,00535	−0,00902	−0,01147	−0,01270	−0,01271	−0,01150	−0,00907	0,15	
0,90	0,243	0,01125	0,00688	0,00311	−0,00004	−0,00259	−0,00453	−0,00587	−0,00659	−0,00671	−0,00622	−0,00513	0,10	
0,95	0,06769	0,00327	0,00202	0,00094	+0,00004	−0,00070	−0,00127	−0,00127	−0,00190	−0,00196	−0,00185	−0,00157	0,05	
1,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,600	0,000	0,000	0	
		1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	$\frac{\alpha}{l}$	
		Valeur de M pour $\frac{x}{l}$ =												

$\frac{\alpha}{l}$	β	Valeur de T pour $\frac{x}{l}$ = 0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50		OBSERVATIONS
0	0,000	1,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,00	Même observation que pour le tableau B.
0,05	0,06769	0,95891	+0,96229 −0,03771	−0,03432	−0,03941	−0,02756	−0,02417	0,02078	−0,11740	−0,01402	−0,01063	0,00725	0,95	
0,10	0,243	0,85050	+0,86265	+0,87480 −0,1252	−0,11305	−0,10090	−0,08875	−0,07660	−0,06445	−0,05230	−0,04150	−0,02800	0,90	
0,15	0,48769	0,69541	+0,71979	+0,74417	+0,76856 −0,23144	−0,20706	−0,18627	−0,15829	−0,13390	−0,10952	−0,08513	−0,06075	0,85	
0,20	0,768	0,51200	0,55040	0,58800	+0,62720	+0,66560 −0,33440	−0,29600	−0,25760	−0,21920	−0,18080	−0,14240	−0,10400	0,80	
0,25	1,05469	0,31640	0,36914	0,42187	0,47461	+0,52734	+0,58001 −0,41999	−0,36718	−0,31445	−0,26172	−0,20898	−0,15625	0,75	
0,30	1,323	0,12250	0,18065	0,25480	0,32095	0,38710	+0,45325	+0,51940 −0,48060	−0,41445	−0,34830	−0,28215	−0,21600	0,70	
0,35	1,55269	−0,05809	0,01954	0,09717	0,17481	0,25244	0,33008	+0,40771	+0,48535 −0,51465	−0,43702	−0,35938	−0,28175	0,65	
0,40	1,728	−0,21600	−0,12960	−0,04320	0,04320	0,12960	0,21600	0,30240	+0,38880	+0,47580 −0,52420	−0,43840	−0,35200	0,60	
0,45	1,83769	−0,34409	−0,25221	−0,16033	−0,06844	0,02344	0,11533	0,20721	0,29910	+0,39098	+0,48287 −0,51713	−0,42525	0,55	
0,50	1,875	−0,43750	−0,34375	−0,25000	−0,15625	−0,06250	0,03125	0,12500	0,21875	0,31250	+0,40625	+0,50000 −0,50000	0,50	
0,55	1,83769	−0,49359	−0,40171	−0,30983	−0,21794	−0,12606	−0,03417	0,05771	0,14960	0,24148	0,33337	+0,42525	0,45	
0,60	1,728	−0,5120	−0,4256	−0,3392	−0,2528	−0,16640	−0,08000	0,00640	0,09230	0,17920	0,26560	0,35200	0,40	
0,65	1,55269	−0,49459	−0,41696	−0,33933	−0,26169	−0,18406	−0,10642	−0,02879	0,04885	0,12648	0,20412	0,28175	0,35	
0,70	1,323	−0,4455	−0,37935	−0,31320	−0,24705	−0,18090	−0,11475	−0,04860	0,01755	0,08370	0,14985	0,21600	0,30	
0,75	1,05469	−0,37109	−0,31836	−0,26563	−0,21289	−0,16016	−0,10742	−0,05469	−0,00195	0,05078	0,10352	0,15625	0,25	
0,80	0,768	−0,28000	−0,24160	−0,20320	−0,16480	−0,12640	−0,08800	−0,04960	−0,01120	0,02720	0,06560	0,10400	0,20	
0,85	0,48769	−0,18309	−0,15871	−0,13432	−0,10994	−0,08555	−0,06117	−0,03679	−0,01240	0,01198	0,03637	0,06075	0,15	
0,90	0,243	−0,09350	−0,08135	−0,06920	−0,05705	−0,04490	−0,03275	−0,02060	−0,00845	0,00370	0,01585	0,02800	0,10	
0,95	0,06769	−0,02659	−0,02321	−0,01982	−0,01644	−0,01306	−0,00967	−0,00629	−0,00290	0,00048	0,00387	0,00725	0,05	
1,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
		1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	$\frac{\alpha}{l}$	
		Valeur de T pour $\frac{x}{l}$ =												

N° 5

DE L'UTILITÉ PUBLIQUE

DES

TRANSMISSIONS ÉLECTRIQUES D'ÉNERGIE (*)

BUT, PROCÉDÉS, ÉTAT ACTUEL, VALEUR ÉCONOMIQUE ET AVENIR

Par M. A. BLONDEL, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

INTRODUCTION.

Dans le langage de la science et de la technique modernes on désigne, sous le nom d'*énergie*, le travail accumulé ou latent sous ses différentes formes : travail mécanique, chaleur, électricité, force vive, etc. La plus grande découverte de la physique moderne est d'avoir démontré que dans le système du monde, tel que nous le connaissons, l'énergie ne se perd ni se crée, mais se transforme seulement. L'homme ne produit donc pas l'énergie, mais il peut la faire apparaître sous telle ou telle de ses formes et l'utiliser; le grand problème industriel consiste à produire cette transformation dans les meilleures conditions économiques, et

(*) Cette note, due à M. Blondel, a été fournie par M. le Ministre des Travaux publics à la Commission de la Chambre des députés chargée d'examiner le projet de loi sur les distributions d'énergie. La Commission l'a annexée au rapport de M. le député Guillain sur ce projet de loi. Les *Annales* publieront le rapport de M. Guillain avec le texte de la loi, dès que celui-ci aura reçu la sanction parlementaire. On donne, en attendant, la note de M. Blondel qui contient plusieurs renseignements d'actualité.

l'un des points les plus importants de la solution est la réalisation du meilleur mode de transport de l'énergie. Ce problème se présente dans toutes les applications de l'énergie aux opérations industrielles, et même, à proprement parler, il les précède.

La puissance développée par une machine à vapeur n'est qu'une partie de l'énergie contenue dans le charbon qui sert à chauffer ; le rapport de ce travail à l'énergie dépensée par la combustion n'est environ que de 3/10 ; c'est ce qu'on appelle le « rendement » de la transformation. De même, le travail développé par une turbine est inférieur de 20 à 30 0/0 à celui que peut produire la chute d'eau qui l'alimente en vertu de son débit et de sa hauteur de chute ; de 0,70 à 0,80 représente le rendement du moteur hydraulique. Dans les deux cas il y a un déchet plus ou moins important et qui constitue pour la Société un véritable gaspillage d'une marchandise d'autant plus précieuse que l'homme n'est pas maître de la récupérer à son gré.

D'autre part, la force développée dans la machine à vapeur ou le moteur hydraulique ne devient utile aux manufacturiers que lorsqu'elle a été transmise par un agent intermédiaire, câble, air comprimé ou eau sous pression, aux appareils qui doivent l'utiliser, ou transformée de nouveau, par exemple en chaleur, en électricité, en lumière, etc. Dans les deux cas, les organes ou agents intermédiaires absorbent également une partie de l'énergie qui diminue d'autant la quantité qui reste disponible. Cette absorption peut être assez grande pour que toute l'énergie soit perdue sur un parcours relativement peu étendu. Aussi a-t-on longtemps préféré, lorsque cela était possible, transporter la source d'énergie elle-même : c'est ce qu'on fait par exemple en expédiant du charbon par terre ou par eau du lieu de production au lieu d'utilisation ; de même, pour transporter l'énergie des chutes d'eau, on a établi, dans bien des cas, de longs aqueducs amenant l'eau dis-

ponible au point d'utilisation. Mais ces procédés sont onéreux lorsque la distance de transport est grande, qu'il existe une grande différence de niveaux ou que les routes sont insuffisantes, et il faut bien accepter l'emploi d'un des agents de transmission mentionnés ci-dessus. Quelques-uns de ceux-ci, et en particulier l'électricité, se prêtent à deux méthodes de transport de l'énergie d'un endroit à un autre : le transport direct et le transport différé, dans lequel on commence par emmagasiner l'énergie dans un réservoir convenable, qu'on déplace ensuite ; le premier seul présente un réel intérêt pratique dans le cas de l'électricité.

Au lieu de transporter l'énergie ou la source d'énergie, on peut enfin utiliser celle-ci sur place ou à faible distance à la production de matières industrielles, telles que les métaux, les produits chimiques, etc. ; il faut alors apporter les matières premières au lieu de production de l'énergie et transporter les produits obtenus.

L'électricité permet aujourd'hui de réaliser ces divers modes d'emploi de l'énergie d'une façon à la fois plus simple, plus efficace et plus économique que tous les autres procédés. Pour montrer l'importance de son emploi, on examinera successivement les sources d'énergie qu'elle permet d'utiliser, les moyens qu'elle offre d'extraire et de transmettre cette énergie, les applications variées qu'elle permet de lui donner à petite ou à grande distance, les conditions pratiques dans lesquelles ces transmissions peuvent s'effectuer dans l'état actuel de l'industrie, et enfin les avantages économiques qu'il est permis d'espérer en tirer, soit actuellement, soit dans l'avenir (*).

(*) A raison même de son but, cette note a dû être écrite dans un esprit de vulgarisation, comme une conférence, par conséquent sans aucune prétention technique. La question eût été traitée d'une façon notablement différente si ce travail se fût adressé exclusivement à un public d'ingénieurs ou d'électriciens (Note de l'Auteur).

I. — Forces naturelles dont l'industrie peut disposer.

Si l'on excepte le charbon et l'huile de pétrole, qui ont dès aujourd'hui de nombreux cas d'applications, la plupart des autres sources d'énergie sont aujourd'hui très imparfaitement utilisées et ne pourront jamais l'être complètement. Les plus importantes qu'on rencontre dans la nature sont les chutes d'eau; il faut y joindre le vent, le flux de la marée, la force des vagues et la chaleur solaire. Ces forces découlent presque toutes d'une même cause, l'action du soleil : c'est la chaleur solaire qui pompe les vapeurs dont la condensation alimente, sous forme de pluie, les torrents et les rivières; c'est elle qui, par les variations de température de notre atmosphère, provoque les déplacements de l'air. C'est la chaleur solaire qui a provoqué la croissance des plantes et des arbres, qui ont produit la houille. Ce sont ses rayons qui produisent aussi le blé et les fruits de la terre, que notre organisme transforme en énergie musculaire. Ce sont les attractions de la lune et du soleil qui produisent les grandes ondes périodiques de la marée. Toutes les sources d'énergie qui portent le nom de forces naturelles sont donc, en définitive, des émanations d'un monde étranger à notre terre et dont nous profitons indirectement.

Ces sources d'énergie ont une importance telle qu'elles remplaceraient aisément la houille, le jour où celle-ci viendrait à manquer, à la seule condition de savoir les utiliser. La chaleur, produite dans le Sahara par les rayons solaires et absorbée par le sable, est équivalente à des millions de chevaux-vapeur : un arpent de terre, au tropique, pourrait produire, s'il était possible de l'utiliser, 4.000 chevaux pendant neuf heures par jour.

Le flux et le reflux de l'Océan emmagasinés dans des étangs peuvent produire une force très importante; avec

une chute de 2 mètres on peut obtenir 5 chevaux à l'hectare. On a calculé que la puissance de l'écoulement d'eau dû à la marée à travers le détroit de Menai, dont la section est de 5.500 mètres carrés et où la vitesse moyenne atteint 5 kilomètres à l'heure, représente une puissance de 6.000 chevaux-vapeur, et que le flux et le reflux dans l'estuaire de Liverpool ne représenteraient pas moins de 10.000 chevaux.

Le vent peut produire également une force plus considérable qu'on ne le croit. Un moulin ordinaire à quatre ailes donne, sous l'action d'une brise de 16 kilomètres à l'heure, une puissance d'environ 2 chevaux ; une roue à ailettes de 20 mètres de diamètre fournit, sous un vent de 7 mètres à la seconde, une puissance d'environ 40 chevaux ; en superposant trois de ces roues et en alignant cinquante systèmes ainsi composés, on peut obtenir, sur une étendue de 1 kilomètre, 6.000 chevaux ; il est à remarquer que, d'après les statistiques, il y a peu de jours où le vent souffle avec des vitesses inférieures à 3 mètres par seconde.

Jusqu'ici ces sources accessoires d'énergie ont été peu utilisées, à cause du prix élevé d'établissement des appareils nécessaires et de leur faible rendement. Car, bien que la force à capter soit gratuite, il est loin d'en être de même pour l'installation des appareils nécessaires. Par exemple, l'installation complète de moulins à marée électriques ne coûterait pas moins de 5.000 francs par cheval, y compris les accumulateurs hydrauliques et transmissions nécessaires. Il existe quelques moulins de marée (à Pont-l'Abbé, par exemple, un étang de 18 hectares donne une puissance moyenne de 80 chevaux en tout temps et qui peut atteindre 140 en certains cas) et de nombreux moulins à vent ; mais ceux-ci ne sont pas employés, en général, à la production industrielle de la force ou de l'énergie ; une intéressante installation de moulin à vent électrique à Cleve-

land, chez M. Brush, qui s'en sert à éclairer sa maison, et quelques autres installations analogues, montrent cependant qu'il est facile de produire par ce moyen l'énergie électrique, lorsqu'on ne regarde pas à la dépense d'installation. On en signale déjà l'application dans quelques fermes américaines.

Quant aux chutes d'eau, bien que malheureusement les dépenses d'aménagement et le prix d'installation des usines soient souvent trop élevés pour en permettre l'emploi industriel, l'utilisation électrique en est incomparablement plus facile et plus développée. Les applications possibles de cette énergie sont considérables. Pour prendre quelques exemples, les chutes du Rhin à Schaffouse représentent, dit-on, 1.750.000, le Niagara 7 millions de chevaux. En France, la puissance totale des chutes d'eau a été évaluée, peut-être trop largement, à environ 10 millions de chevaux; ce chiffre, malheureusement fort incertain, fait bonne figure à côté de ceux de la puissance développée par les machines à vapeur (celle-ci est estimée approximativement à 6.500.000 chevaux en France); la Seine à elle seule offre à ses divers barrages une puissance totale évaluée à 25.000 chevaux. Il y a là des ressources précieuses pour l'industrie de l'avenir.

Tel pays, comme la Suisse, qui, privée de houillères et de communications faciles, paraît peu favorisée au point de vue industriel, semble devoir trouver dans ses nombreuses chutes d'eau une source presque inépuisable de richesses, aujourd'hui que l'on sait en transporter facilement l'énergie. Aussi y voit-on des sources, trop éloignées de toute voie de communication pour avoir autrefois une valeur marchande, se vendre aujourd'hui à des prix élevés, grâce à l'électricité; le pays se couvre d'un réseau de lignes électriques dont le nombre s'accroît chaque année, et dont les exemples cités plus loin feront sentir l'importance; et l'on peut prévoir, en présence de cette transformation qui

commence, que dans quelques années la Suisse sera, toute proportion gardée, un des plus remarquables pays industriels de l'Europe (*). La France suivra de son mieux cet exemple ; on peut l'espérer en constatant qu'on commence à y bien connaître la valeur des chutes d'eau et que celles-ci donnent même lieu, depuis trois ou quatre ans, à d'actives spéculations. Dans la région dauphinoise, en particulier, on sait tirer parti aujourd'hui non seulement des rivières, mais des torrents produits par la fonte des neiges auxquelles on a, pour ce motif, donné dans ce pays le nom suggestif de *houille blanche.*

Si l'énergie des chutes d'eau doit profiter plus particulièrement à l'électricité, il ne faut pas croire pour pourtant que les mines de houille n'auront pas aussi des avantages à en retirer ; car bien des houillères, aujourd'hui inexploitées faute de moyens de transport économiques, pourraient être l'objet d'une industrie prospère, si l'on y brûlait le charbon sur place, comme on l'expliquera, pour transmettre l'énergie sous forme électrique.

II. — Moyens actuels de production et d'accumulation de l'électricité.

Production. — La transformation de l'énergie des sources naturelles en électricité se fait actuellement par un seul procédé : on transforme cette énergie en travail mécanique, soit à l'aide des machines à vapeur ou à gaz utilisant la houille, soit à l'aide de moteurs hydrauliques actionnés par l'eau, puis ce travail mécanique est transformé en électricité. Les machines génératrices d'électricité, ou *dynamos*, sont sorties désormais de la période des tâtonnements ; leurs organes sont plus simples au fond

(*) La puissance des chutes d'eau, déjà utilisée en Suisse pour diverses applications, est évaluée à plus de 200.000 chevaux.

que ceux d'une machine à vapeur, et le calcul s'en fait avec une précision supérieure ; on établit aujourd'hui à l'avance, à 2 ou 3 0/0 près et même moins, une machine satisfaisant à des conditions données de vitesse, de puissance et de rendement.

Le courant électrique est produit industriellement sous deux formes principales : la forme continue, dans laquelle le flux d'électricité se produit toujours dans le même sens et avec un débit constant, variable seulement avec la consommation ; et la forme alternative, dans laquelle le courant va alternativement dans un sens, puis dans l'autre, produisant ainsi une série de flux et de reflux égaux et régulièrement alternés. Le nombre des périodes doubles est généralement compris, pour les usages industriels, entre 40 et 80 par seconde en Europe.

Les machines à courants alternatifs, qui sont les plus simples, délaissées pendant longtemps au profit des machines à courants continus, ont repris une grande faveur depuis que l'on a trouvé le moyen de transformer aisément les courants alternatifs et de les employer à la production de la force. Pour cette dernière application, on a développé, depuis cinq ans environ, des types générateurs nouveaux, dont l'invention première appartient à Ferraris et à Tesla, et qui ont pour but de fournir à la fois plusieurs courants alternatifs, dont les alternances se produisent à des instants différents : on les appelle pour ces motifs *polyphasés* ; ces machines restent aussi simples que les précédentes. Enfin, depuis quatre ou cinq ans, on construit des machines pouvant débiter à la fois dans divers circuits diverses espèces de courants, des courants continus et des courants alternatifs, à volonté.

Les machines génératrices sont construites pour les puissances les plus variées, depuis 1 ou 2 chevaux pour les petites applications d'éclairage, jusqu'à 2.000 et même 5.000 chevaux (usines du Niagara), pour les grandes usines

hydrauliques ou à vapeur. Ces énormes masses, tournant d'un mouvement régulier, sont soumises à des efforts souvent extrêmement variables par l'effet des oscillations du débit, sans en souffrir aucun dommage. Leur entretien se réduit à très peu de chose, et les causes d'accident sont à peu près nulles. L'un des organes autrefois le plus exposé à une usure rapide par suite des étincelles qui s'y produisent, le « collecteur », est aujourd'hui assuré d'une longue durée, grâce à une meilleure proportion entre les éléments des machines et à l'emploi de balais en charbon qui ont permis de rendre les étincelles inoffensives. Dans les types modernes de machines à courants alternatifs, cette difficulté est même éliminée par la suppression de cet organe; on construit aujourd'hui des machines dans lesquelles tous les organes où l'électricité est engendrée sont fixes; la seule partie mobile est une sorte de volant massif en acier, aussi robuste que le volant même de la machine à vapeur, dont il tient souvent lieu.

Autrefois les machines génératrices électriques tournaient à une vitesse très grande; on atteignait 1.000 à 1.500 tours pour les petites génératrices. On y trouvait l'avantage d'avoir des machines légères et économiques; mais cette disposition, que l'on conserve encore lorsqu'elle est justifiée, entraînait l'emploi de transmissions par courroies ou par engrenages, compliquées, encombrantes, absorbant du travail et souvent dangereuses pour le personnel. Aujourd'hui, grâce aux perfectionnements réalisés dans la construction des machines et à la puissance croissante des types construits, on peut, dans toutes les grandes stations, se dispenser de ces transmissions et accoupler directement la machine électrique avec son moteur, en en faisant pour ainsi dire un seul appareil générateur, qu'on appelle la *dynamo à vapeur* ou la *dynamo-turbine*, suivant la force motrice employée. Rien n'est plus simple aujourd'hui qu'une station équipée avec de semblables

machines, et les rendements obtenus sont remarquablement élevés ; ils atteignent aisément en charge normale 92 0/0 et même davantage pour la puissance de 100 chevaux et au delà ; pour les plus petites génératrices (5 à 10 chevaux) ils ne descendent pas au-dessous de 0,70 à 0,80.

C'est surtout lorsqu'il s'agit d'utiliser des forces hydrauliques que les dynamos se présentent comme des appareils d'une merveilleuse souplesse, pouvant fonctionner, suivant les cas, aux vitesses lentes qui conviennent aux faibles chutes (on est descendu jusqu'à 28 tours par minute) aussi bien qu'aux vitesses élevées des hautes chutes ; elles peuvent être construites avec un axe de rotation vertical aussi bien qu'avec un axe horizontal. Grâce à cette précieuse facilité d'adaptation, on a pu les associer à tous les moteurs hydrauliques, mais surtout aux turbines. Pour les très hautes chutes, telles qu'on en trouve en Californie, on a appliqué avec succès les roues Pelton à la commande directe des dynamos. Mais ce type de moteur ne s'est pas répandu jusqu'ici en Europe.

Dans les grandes installations les plus belles et les plus récentes, et en particulier Chèvres, Niagara Falls, etc., l'usine hydraulique est divisée en deux étages : au bas la salle des turbines, en haut la salle des dynamos, chaque turbine portant à l'extrémité de son axe vertical la dynamo correspondante. Rien de plus simple qu'une semblable installation et rien de plus facile à entretenir. Les organes sont facilement accessibles, et des ponts roulants qui circulent dans les salles des machines permettent les démontages et les réparations rapides. L'expérience a démontré que des installations de ce genre présentent une sécurité de fonctionnement incomparable ; grâce aux précautions qu'on prend, d'autre part, pour mettre hors de portée tous les conducteurs dont la tension électrique serait périlleuse, on peut considérer les dangers de personnes comme absolument écartés dans ces usines.

Des machines hydrauliques aussi puissantes n'avaient jamais été réalisées avant l'emploi de l'électricité, car elles eussent été sans objet, faute d'applications suffisantes dans le périmètre restreint où elles pouvaient être utilisées.

Il semble qu'aujourd'hui il reste peu de progrès à faire dans la production de l'électricité par des chutes d'eau : tout au plus pourra-t-on modifier des détails d'établissement, réduire les frais d'installation, augmenter un peu les rendements ; encore ces modifications portent-elles plutôt sur les moteurs hydrauliques que sur le matériel électrique.

Il n'en est pas de même pour la production de l'électricité par le charbon : les procédés actuels ne nous permettent guère d'en retirer sous forme d'électricité plus de 20 0/0 de l'énergie que contient le combustible. De grands progrès restent donc à réaliser ; l'un de ceux dont on dispose aujourd'hui, c'est l'emploi de moteurs plus économiques que les moteurs à vapeur ou à gaz ordinaire ; la transformation préalable du charbon en gaz combustibles non éclairants, dits gaz pauvres, qu'on emploie à l'alimentation de moteurs à gaz, donne dès maintenant une solution plus économique du problème que la machine à vapeur, la consommation moyenne s'abaissant de 1 kilogramme par cheval-heure à 700 grammes et même moins. Bien que diverses considérations d'ordre pratique aient retardé jusqu'ici le développement de cette méthode nouvelle, elle a déjà fait ses preuves pour la production économique de l'électricité ; en France, plusieurs stations municipales d'éclairage électrique, employant ces moteurs à gaz pauvres, fonctionnent déjà avec succès, et deux des plus récentes installations de tramways électriques en Suisse, à Zurich et à Lausanne, emploient ces moteurs. Les procédés Diesel, plus récents encore, ouvrent enfin un nouveau champ au progrès des moteurs thermiques.

Emmagasinement et transport de l'énergie accumulée. — L'emmagasinement de l'énergie sous forme électrique

peut se faire facilement à l'aide des accumulateurs des types inventés par nos compatriotes Gaston Planté et Faure. L'énergie fournie à l'accumulateur se retrouve dans celle qu'il rend à la décharge, moins une perte qui atteint 20 à 30 0/0 ; c'est là une diminution importante qui fait payer assez cher les avantages de l'emmagasinement. En outre, pendant de longues années, l'accumulateur a été un instrument tellement imparfait et d'un entretien si difficile que l'on reculait avec raison devant son emploi.

Aujourd'hui qu'on sait mieux établir ces appareils et qu'on en a restreint l'emploi aux cas où on peut les employer dans de bonnes conditions, leur fonctionnement est devenu vraiment pratique. A condition d'adopter dans les installations fixes un poids élevé de matière par rapport à la puissance à produire, 300 à 400 kilogrammes, par exemple, par cheval de puissance (au lieu de 150 à 200 kilogrammes pour les batteries transportables) et 50 kilogrammes par cheval-heure emmagasiné, et de faire travailler les accumulateurs avec modération, on peut en tirer un bon parti, sans qu'ils se détériorent trop promptement, et réduire le taux d'entretien et d'amortissement au chiffre acceptable de 12 à 15 0/0.

Dans ces conditions ces appareils peuvent avoir des rendements de 70 à 80 0/0 et donner des résultats économiques satisfaisants, si on leur fait accumuler seulement une partie de l'énergie électrique distribuée. C'est ce qu'on fait aujourd'hui dans toutes les grandes stations de distribution de lumière, pour régulariser la production d'énergie, malgré la variation continuelle de la consommation par les abonnés. L'économie qu'on réalise ainsi sur les frais d'installation des machines motrices et sur leur consommation de charbon est suffisante pour compenser, et au delà, les dépenses et les pertes occasionnées par la batterie.

Il n'en est plus du tout de même lorsqu'il s'agit réelle-

ment d'accumuler toute l'énergie pour la distribuer ensuite. Dans ce cas il est encore plus économique actuellement de créer des réservoirs d'eau.

Le prix élevé des accumulateurs et de leur entretien, joint à leur poids considérable, en limite beaucoup les applications au transport de l'énergie électrique sous la forme accumulée. Celle-ci est pratiquée seulement pour distribuer l'énergie à domicile, chez des consommateurs d'occasion et dans quelques rares installations de tramways électriques des villes où l'on interdit les canalisations aériennes et où la circulation est assez active pour couvrir les frais d'un système assez cher.

Il est facile de voir qu'à perte égale on peut aller beaucoup plus loin, avec de l'énergie accumulée sous forme de combustible, que si elle est emmagasinée dans un accumulateur. On a calculé, par exemple, qu'avec une perte de 10 0/0 sur l'énergie transportée on peut, dans certaines hypothèses, amener celle-ci approximativement aux distances relatives suivantes, en chiffres ronds :

	PAR ROUTE	PAR TRAMWAY	PAR CHEMIN DE FER
	kilomètres	kilomètres	kilomètres
Charbon....................	100	250	1.000
Accumulateurs..............	4	8	20

On voit l'énorme supériorité du premier mode sur le second au point de vue économique. Il faut donc des considérations exceptionnelles pour justifier l'emploi actuel de ce dernier.

Dans les transports fluviaux l'accumulateur est plus commode et plus propre que la machine à vapeur, ce qui le fait employer pour la navigation de plaisance. Les considérations de poids étant moins importantes que l'encombrement, peut-être deviendra-t-il utilisable dans

l'avenir pour la navigation commerciale, si l'on dispose, le long d'une rivière ou d'un canal, de stations de charge suffisamment nombreuses et économiqnes, alimentées par exemple par le courant provenant d'usines hydro-électriques.

En attendant, on est en droit de considérer la transmission immédiate de l'énergie comme le seul procédé électrique réellement industriel.

III. — Procédés employés pour la transmission directe et la distribution de l'énergie.

La canalisation de l'énergie électrique se fait au moyen de conducteurs, ordinairement en cuivre ou en bronze, portés sur des isolateurs, comme les lignes télégraphiques, s'ils sont aériens ; ou enveloppés d'une gaine isolante, s'ils sont enfouis dans le sol. L'isolation des conducteurs par rapport au sol, par où l'électricité tendrait à s'écouler, si elle trouvait un passage libre, est d'autant plus difficile que les tensions sont plus élevées ; et cependant, comme on s'en rend compte facilement, l'emploi des courants électriques à haute tension est un des progrès les plus importants qui aient été réalisés depuis quinze ans dans l'électricité industrielle.

Toute distribution d'électricité est caractérisée, comme une distribution d'eau, par deux éléments, le débit et la pression, dont le produit représente la puissance distribuée. Le débit ou intensité du courant s'évalue en ampères ; la pression ou potentiel, en volts ; la puissance enfin en watts, le watt étant la puissance produite par un courant débitant 1 ampère sous la pression de 1 volt. Cette puissance est égale à 1/736e de cheval-vapeur.

Le même nombre de watts peut être obtenu sous des formes différentes, suivant la pression employée. De même

qu'une chute d'eau de 100 mètres débitant 10 litres par seconde produit une puissance égale à celle d'une chute de 10 mètres débitant 100 litres; de même, pour fournir 10.000 watts, on peut livrer soit un courant de 100 ampères sous 100 volts de pression, soit un courant de 10 ampères seulement sous une pression de 1.000 volts. Or la section des conducteurs nécessaires pour la transmission de ce courant est proportionnelle, toutes choses égales d'ailleurs, à son intensité, comme la section d'une conduite d'eau est proportionnelle à son débit; il faudra donc, dans le premier cas, un fil de cuivre d'une section dix fois plus forte que dans le second et coûtant dix fois plus, ce qui n'est pas négligeable.

Si on conservait mêmes conducteurs dans les deux cas, la perte relative subie par le courant pendant son transport croîtrait, d'après une loi connue, proportionnellement au carré du débit. On est donc amené, pour transporter l'énergie économiquement à des distances un peu considérables, à l'employer sous des tensions aussi élevées que possible pour réduire le débit nécessaire; mais, d'autre part, les difficultés d'isolement des appareils et des lignes croissent très vite avec la pression, par suite des étincelles qui tendent à jaillir entre les conducteurs et les corps voisins, soit dans les lignes, soit dans les machines, et les fuites, dont l'importance est accrue, déterminent plus facilement des échauffements des conducteurs ou des appareils, capables de produire des incendies.

Enfin les dangers du contact avec un conducteur deviennent rapidement graves pour les personnes. On peut admettre qu'un conducteur devient réellement dangereux à toucher à partir de 600 volts, s'il est parcouru par un courant continu, et 125 volts, s'il s'agit d'un courant alternatif, ce dernier amenant des contractions musculaires qui, dès 50 volts, ne permettent plus de lâcher le conducteur, si on l'a pris à la main. Au-dessous de ces

valeurs, les secousses produites sont peu dangereuses. Au dessus, elles peuvent provoquer des accidents graves, voire même la mort, ce qui oblige à prohiber l'emploi de ces tensions élevées partout où des conducteurs nus peuvent être touchés. Les distributions par fils nus dans les lieux habités se font donc aujourd'hui à des tensions ordinaires de 100 à 125 volts; pour les courants continus seulement, on tolère des valeurs plus élevées, et au maximum de 500 à 600 volts pour les tramways électriques à fil aérien. Au-dessous de ces limites on dit que le courant est à basse tension; au dessus il est à haute tension.

Le problème du transport de l'énergie électrique se heurtait donc à un double écueil, soit un prix trop élevé, soit un danger pour la sécurité publique. On a accepté franchement l'emploi des basses tensions dans toutes les distributions de faible rayon, où le prix des canalisations entre pour une faible part dans la dépense totale, ou bien lorsque la transformation du courant serait trop compliquée.

Pour les grandes distances, au contraire, la transmission électrique n'a pu devenir possible qu'au prix de l'emploi de hautes tensions; on a rendu celles-ci acceptables en transformant, au lieu d'emploi, le courant de haute tension amené par des lignes inaccessibles ou des conducteurs bien recouverts, et qu'on appelle courant primaire, en un courant à basse tension qu'on appelle secondaire et qui est seul envoyé chez les consommateurs.

Les transformateurs de courant continu sont des machines tournantes exigeant une surveillance. Les courants alternatifs ont permis de supprimer cette sujétion, grâce à l'emploi de transformateurs fixes, formés d'un noyau portant deux enroulements primaire et secondaire parfaitement isolés. Le rendement de ces appareils atteint aujourd'hui 93 à 96 0/0 pour les grandes puissances : par

exemple, on peut transformer de cette manière un courant de 100 ampères sous 10.000 volts en 9.600 ampères sous 100 volts.

Comme ces appareils jouissent de la propriété réciproque, on a depuis six ans introduit dans beaucoup d'installations à haute tension l'emploi, à la station génératrice, de *transformateurs-élévateurs* qui permettent de produire dans celle-ci l'énergie électrique aussi à basse tension et de la porter à haute tension seulement sur la ligne; on assure ainsi une sécurité plus complète du personnel et des appareils. Lorsque les pressions sur la ligne dépassent 5.000 volts, on trouve souvent avantage à faire la transformation en deux temps. Il existe par exemple des distributions à 10.000 volts où l'on ramène d'abord la tension à 2.500 ou 2.000 volts avant de la répartir dans des sous-stations de distribution où on la ramène à 110 ou 120 volts, chiffres usuels.

Un dernier perfectionnement restait à réaliser pour obtenir de l'électricité, comme agent de distribution, toute la souplesse nécessaire: c'était la possibilité de convertir une espèce de courant en une autre espèce, le courant continu en courant alternatif, ou inversement. Ce résultat, qu'on pouvait obtenir d'une façon coûteuse par l'accouplement d'un moteur et d'une génératrice, est aujourd'hui acquis plus économiquement, grâce aux appareils convertisseurs, souvent appelés « commutatrices », très ingénieux, imaginés depuis quatre ou cinq ans. Ces organes nouveaux permettent aujourd'hui d'aborder tous les problèmes de distribution avec une extrême facilité, sans que l'on ait à se préoccuper à l'avance du mode d'utilisation choisi par les abonnés.

La *distribution* de l'énergie chez plusieurs consommateurs se fait à l'aide de canalisations étendues, portant le nom de *réseau*, munies de branchements qui pénètrent dans les maisons. La condition essentielle que doit remplir une

distribution, c'est d'assurer l'indépendance absolue des organes récepteurs; si la consommation de l'énergie de l'un de ceux-ci vient à se modifier accidentellement ou par la volonté du consommateur, les récepteurs voisins, alimentés par la même usine, ne doivent en éprouver aucun contre-coup dans leur fonctionnement. Ce problème peut être considéré comme bien résolu aujourd'hui, il existe même deux méthodes de distribution qui satisfont à ce désidératum, l'une où tous les récepteurs en service sont parcourus par un même courant qui est maintenu constant, l'autre où chaque moteur ne prend qu'une dérivation sur la canalisation principale. La première est réservée à des cas spéciaux ; la seconde, identique au mode de distribution des canalisations d'eau, est universellement appliquée, avec diverses formes plus ou moins économiques, sous le nom de distribution à potentiel constant. Grâce à un bon réglage de la vitesse des machines à l'usine et, autant que possible, à l'emploi d'accumulateurs régulateurs, ces distributions peuvent maintenir une indépendance assez grande entre les récepteurs pour permettre, en général, d'employer sur un même réseau des moteurs et des lampes.

IV. — Utilisation de l'énergie électrique.

Les moyens de transmission qu'on vient de passer en revue permettent d'utiliser l'énergie électrique pour diverses applications qui sont indépendantes de la distance à laquelle elle est transportée. On peut donc les exposer sans se préoccuper de la longueur des lignes, à la condition de réserver cependant pour un paragraphe spécial l'examen du transport à très grande distance.

Cette réserve est justifiée, d'après ce qu'on a vu plus haut, aussi bien au point de vue économique qu'au point de vue technique : dans le premier cas, la canalisation ne

présente pas de difficulté et n'entre que pour une faible part dans le prix de revient de la transmission : dans le second cas, au contraire, la canalisation devient la dépense prédominante à partir d'une certaine distance et exige l'emploi de très hautes tensions sortant de la pratique courante.

Les applications de l'énergie électrique peuvent se classer en deux catégories distinctes : les applications immédiates, où l'on utilise cette énergie directement, et les applications mécaniques, où l'on doit la transformer de nouveau en énergie mécanique avant de l'employer. On passera en revue séparément ces deux espèces d'applications, en indiquant autant que possible leur état actuel.

A. — Utilisation immédiate de l'énergie.

Le premier mode d'utilisation de l'énergie électrique comprend la distribution d'éclairage électrique et la production de produits industriels par le courant lui-même. Peut-être verra-t-on un jour des manufacturiers installer des filatures, des tissages, etc., dans les pays déserts, au voisinage d'une chute d'eau ; il n'en existe pas encore d'exemples, et du reste il serait difficile d'utiliser ainsi de très grandes puissances ; mais l'utilisation sur place est déjà appliquée, avec un succès croissant, à des industries d'une autre espèce, les industries métallurgiques et chimiques, dont certaines sont nées de toutes pièces de l'électricité.

La production industrielle de l'aluminium et celle du carbure de calcium, pour citer les deux plus importantes, bien que les dernières nées des industries électro-chimiques, sont devenues possibles seulement le jour où l'on a disposé d'une énergie assez économique pour abaisser le prix de fabrication de ces matières au taux qu'elles ont actuellement.

Éclairage électrique. — Les procédés et la diffusion actuelle de l'éclairage électrique public et privé dans les grandes villes sont trop connus pour qu'il y ait lieu de s'y arrêter. Cet éclairage est d'ailleurs plutôt du domaine municipal. Les stations dont les chiffres totaux ont donné lieu à la statistique citée plus loin (*Annexe n° 1*) sont presque toutes des stations de distribution générale, pouvant alimenter des récepteurs de toute espèce, lampes et moteurs ; mais, dans les distributions urbaines, c'est l'éclairage (bientôt peut-être avec le chauffage), qui constitue l'application presque exclusive du courant.

A côté des grandes installations urbaines, il convient de remarquer qu'il existe aujourd'hui une foule d'installations rurales d'éclairage électrique, surtout dans les pays de montagnes, particulièrement en Suisse et en France. Grâce à la présence d'un moulin déjà existant où l'on place une dynamo de quelques chevaux, ou d'une chute d'eau facilement utilisable, et à l'emploi de conducteurs aériens peu dispendieux, beaucoup de communes rurales, où règne un esprit d'initiative suffisant, peuvent installer à bon compte une distribution à basse tension, simple et sans danger, n'exigeant qu'une surveillance très sommaire et peu coûteuse. Suivant les besoins locaux, l'éclairage peut être simplement public ou en même temps public et particulier. L'un et l'autre se font ordinairement par lampes à incandescence n'exigeant pas d'entretien. Les lampes restant constamment en circuit, on met la machine en marche au coucher du soleil et on l'arrête à onze heures ou minuit.

Le prix de vente de l'éclairage dans ces petites installations, en France, varie entre 10 et 50 francs par lampe de 15 à 16 bougies et par an. Dans les localités les plus importantes, on admet, du reste, des abonnements au compteur à des prix de 0 fr. 80 à 1 fr. 50 le kilowatt-heure.

Ces installations rurales d'éclairage présentent un intérêt social de premier ordre, tant par les services qu'elles rendent naturellement en encourageant une classe laborieuse de la population à lire et à s'instruire pendant les soirées d'hiver que par l'introduction graduelle qu'elles amèneront dans les villages des applications mécaniques, industrielles ou agricoles, dont on parlera plus loin. On ne saurait donc trop favoriser en France l'établissement des transmissions électriques qu'elles nécessitent pour utiliser des chutes d'eau un peu éloignées.

Industries électro-chimiques et électro-métallurgiques. — Ces industries, si on en excepte la galvanoplastie et l'argenture, sont d'origine relativement toute récente et sont loin, par conséquent, d'avoir pris le développement qu'on est en droit d'en attendre dans l'avenir.

Elles ont pour but d'utiliser les actions chimiques et calorifiques du courant pour la production de composés qu'on n'obtenait jusqu'ici que par des réactions chimiques et par l'application de la chaleur. On peut les distinguer en cinq grandes catégories, suivant qu'elles ont pour objet l'électro-déposition des métaux, le traitement des minerais et le raffinage des métaux par voie humide, le traitement des métaux par voie ignée, la production des produits chimiques par voie humide et la production de produits chimiques par voie sèche. Les procédés par voie humide reposent sur l'électrolyse, ou décomposition par le courant des sels dissous ; ceux par voie sèche consistent dans l'électrolyse des sels fondus ou dans la production des réactions par la chaleur de l'arc électrique.

L'électro-déposition des métaux comprend la galvanoplastie, c'est-à-dire la reproduction des modèles par dépôt de métal dans des moules pris sur les objets à reproduire, le cuivrage, la nickelure, l'argenture et la dorure, le zincage et l'étamage. Ces applications ont pris un énorme développement. On estime par exemple le poids d'*argent*

déposé annuellement dans le monde à 125 tonnes, représentant une valeur d'environ 25 millions de francs. La galvanoplastie rend de grands services aux industries d'art et à la gravure, en permettant d'obtenir directement des *clichés* en cuivre, d'après les gravures sur bois.

Le *raffinage des métaux* a pour but de tirer les métaux purs des métaux bruts impurs ; ce résultat s'obtient en transportant le métal par voie électrolytique ; les impuretés échappent au transport et restent comme résidus au fond des cuves. On a imaginé divers procédés de raffinage du plomb, de l'argent, de l'or, du cuivre, etc. Ces derniers (affinage du cuivre) ont eu un plein succès, car ils donnent un métal très pur et très bon conducteur, ayant une grande valeur industrielle. On peut, en outre, obtenir directement le dépôt sous forme de tubes extrêmement homogènes sans soufre (procédé Ellmore). Ces avantages ont amené un rapide développement du raffinage électrolytique du *cuivre noir*, lorsqu'il contient de l'or et de l'argent (3 à 400 francs par tonne) ; il existe dans ce but de nombreux procédés.

Parmi les principales de ces raffineries on peut citer en Amérique celles d'Anaconda, de Perth-Amboy, de Newark, Great-Falls ; en Europe, celles de Hambourg, Oker, Berlin, Burbach, Francfort, Pembrey, Widness, Svansea, Biache, Marseille, Pont-de-Chéruy, Éguille, Lyon, Bellegarde, Dives, etc., etc.

Les raffineries européennes produisent déjà 20 tonnes par jour, mais ce chiffre ne représente que 4 0/0 de la consommation industrielle du cuivre, qui atteint 500 tonnes. On peut donc prévoir un développement considérable de cette industrie par l'emploi des chutes d'eau.

La quantité d'énergie nécessaire pour déposer 1 kilogramme de métal est évaluée à 0,7 cheval-heure pour l'or et le platine, 0,9 pour l'étain, 3,5 pour le cuivre.

Plusieurs usines traitent aujourd'hui par voie élec-

trolytique les déchets de fer-blanc pour en extraire l'étain.

Le *traitement direct* des mattes et minerais pour la production électrolytique des métaux est également possible, mais présente plus de difficultés pratiques; parmi ces procédés, quelques-uns ont pris un certain développement industriel, notamment le procédé Marchese, employé pour la production du cuivre dans diverses mines italiennes, le procédé Ashcroft, employé pour le traitement des minerais de plomb argentifère aux mines de Broken-Hills, en Australie, etc. Mais ils semblent aujourd'hui presque tous pratiquement abandonnés. Au contraire le procédé Siemens et Halske pour le traitement des minerais d'or est employé avec succès au Transvaal.

La *production de produits chimiques par voie humide* est encore à ses débuts par suite des difficultés techniques considérables à résoudre, et il reste de ce côté une mine féconde à exploiter pour les inventeurs. Les efforts de ceux-ci se sont portés jusqu'ici principalement sur l'électrolyse du chlorure de sodium ou de potassium (celui-ci provenant ordinairement des mines de Stassfurth) ; cette décomposition est effectuée dans divers buts, soit production de chlorate de potasse, soit production d'une liqueur de blanchiment, soit enfin production simultanée de soude et de chlorure de chaux.

La fabrication électrique du chlorate de potasse se fait aujourd'hui par plusieurs procédés : Gall et de Montlaur, Franchot et Gibbs, Hulin, Castner, procédé de la Chemical Construction Co, etc. Le premier est employé dans une usine très importante à Vallorbes, où on utilise dans ce but une puissance hydraulique de 3.000 chevaux prise sur une chute de l'Orb et où l'on produit 800 tonnes de chlorate par an ; à Saint-Michel-de-Maurienne, Savoie (2.000 chevaux) ; à Avesta, Suède (3.500 chevaux), etc. Par le procédé Gall et Montlaur on obtient 1 kilogramme

de chlorate de potasse par 20 chevaux-heure, tandis qu'il faut dans les anciens procédés 25 kilogrammes de charbon par kilogramme, sans compter l'acide et la chaux.

La Société des Soudières électrolytiques installe à Livet-et-Gavet (Isère) une importante usine disposant de 5.000 chevaux provenant d'une chute dérivée de la Romanche ; l'installation produira journellement 4 tonnes de soude caustique et 8 tonnes de chlorure de chaux.

En Amérique, la Chemical Construction Co vient d'installer au Niagara une grande fabrique des deux chlorates de soude et de potasse, où l'on espère fabriquer ultérieurement le chlorure de baryum, le chloroforme et l'iodoforme. Cette usine achète son énergie à la grande Compagnie du Niagara sous forme de courant alternatif à haute tension, qu'elle convertit en courant alternatif à basse tension, puis en courant continu ; l'équipement comprend quatre convertisseurs rotatifs, de 250 chevaux chacun, et deux transformateurs fixes de 500 chevaux ; la fabrication est actuellement de 2 tonnes de chlorate par jour.

Le *blanchiment électrolytique*, imaginé par M. Hermite, a pour but d'éviter la fabrication du chlorure de chaux ; la liqueur blanchissante est préparée dans des cuves en fonte par électrolyse d'une solution de chlorure de sodium additionnée de chlorure de magnésium, qui peut resservir presque indéfiniment en repassant chaque fois dans l'électrolyseur ; 10 chevaux produisent l'équivalent de 100 kilogrammes de chlorure de chaux. Ce procédé est employé avec succès dans une centaine de papeteries, par exemple celles d'Essonnes, La Haye-Descartes, Lancey, etc. On remplace ainsi annuellement plus de 1.000 tonnes de chlorure de chaux, avec une économie de 30 à 50 0/0 sur les procédés de blanchiment ordinaires.

La fabrication de la soude et de la potasse caustiques est moins avancée, mais elle présente une telle importance industrielle qu'elle est l'objet de perfectionnements cons-

tants. Plusieurs procédés sont déjà exploités : à Griesheim, on fabrique annuellement, avec 200 chevaux, 800 tonnes de potasse ; la Société Richardson et Holland fabrique en grand la soude ; une usine de 1.000 chevaux pour la fabrication d'une tonne de potasse et soude par jour est installée aux chutes du Niagara, etc.

Il faut citer enfin parmi les industries électro-chimiques par voie humide, le tannage électrique, l'électrisation des vins, etc., dont il existe un certain nombre d'applications.

Le *traitement des minerais par voie sèche* est appliqué surtout à la production de l'*aluminium*. Les matières premières employées sont la cryolithe, et surtout la bauxite, dont la France renferme d'énormes gisements.

La dépense d'énergie nécessaire est évaluée à 40 ou 50 chevaux-heure par kilogramme d'aluminium pur produit.

Au début, pendant plusieurs années, on a employé aux usines de Milton et Lockwood (Angleterre), et aussi en Suisse et en France, le procédé Cowles, qui permettait seulement d'obtenir des alliages ; aujourd'hui on préfère obtenir l'aluminium par les procédés Minet, Héroult-Kiliani, Hall.

Le procédé Héroult est appliqué depuis huit ans par l'Aluminium Industrie Aktien-Gesellschaft, à Neuhausen, sur le Rhin (Suisse). En 1888, la puissance motrice de cette usine n'était que de 300 chevaux ; en 1891, elle était portée à 1.500 chevaux par l'installation de deux turbines de 600 chevaux ; quatre autres turbines du même type ont été installées en 1893, et récemment une nouvelle turbine, de 600 chevaux également, a été ajoutée pour servir de réserve. La même Compagnie a construit récemment à Rheinfelden, près de Bâle, une nouvelle usine hydraulique de 10.000 chevaux et acquis une chute d'eau en Autriche.

Le procédé Héroult est également appliqué en France par la Société électro-métallurgique. De 1889 à 1893, la fabrication de l'aluminium était faite à Froges (Isère); depuis, elle s'effectue à La Praz, sur l'Arc, en Savoie, l'usine de Froges étant, comme on le dira plus loin, utilisée en grande partie pour la fabrication du carbure de calcium en même temps que celle du ferro-aluminium.

La Société industrielle de l'Aluminium exploite à Saint-Michel (Savoie) le procédé Hall. Elle dispose de 4.000 chevaux.

En Angleterre, la British Aluminium Company, qui possédait à Larne Harbor, près Belfast, une usine pour la préparation de l'alumine pur, vient d'installer à Foyers (Écosse) une station pour le traitement de cette alumine par le procédé Héroult.

Enfin des capitalistes allemands et américains utilisent une chute d'eau à Sarpsfos (Norvège) entre Christiania et Göteborg.

En Amérique, la Pittsburgh Reduction Company possède trois usines importantes pour la fabrication de l'aluminium par le procédé Hall : la première, à vapeur, à New-Kensington, où une puissance de 1.500 chevaux est produite très économiquement, grâce au bas prix du charbon (3 fr. 60 la tonne) ; la seconde à Niagara Falls, en exploitation depuis juillet 1895 et où le courant est fourni par la Niagara Falls Power Company, dans les mêmes conditions qu'à l'usine de chlorate de Niagara, citée plus haut; enfin une troisième, également à Niagara et alimentée par des générateurs actionnés par turbines. Cette Compagnie livre dès maintenant 2 tonnes d'aluminium par jour et atteindra 4 tonnes 1/2 après l'achèvement de la nouvelle usine.

Le tableau suivant donne la puissance motrice et la production journalière des diverses usines en exploitation en 1896 :

	Chevaux.	Tonnes.
New-Kensington (États-Unis)......	1.600	1,0
Niagara Falls (États-Unis)..........	1.600	1,2
Neuhausen (Suisse)...............	4.000	2,5
La Praz (France).................	2.500	1,5
Saint-Michel (France).............	4.000	2,50
Foyers...........................	2.100	1,38
	17.800	10,00

Aux chiffres de la deuxième colonne correspond une production annuelle d'environ 5.000 tonnes ; la production de 1896 était approximativement de 1.500 tonnes.

Les agrandissements projetés et l'exploitation des usines en construction donneront, pour la puissance motrice et la production journalière, les chiffres suivants:

	Chevaux.	Tonnes.
Niagara Falls (États-Unis).........	5.500	3,50
Rheinfelden (Suisse)..............	6.000	4 »
Sarpfos (Norvège).................	3.000	3,25
La Praz (France)................	10.000	6 »
	24.500	16,75

Très prochainement, la fabrication de l'aluminium absorbera donc une puissance de 42.300 chevaux, pour une production journalière de 27,45 tonnes, soit une production annuelle de 9.000 tonnes. En 1894, la production n'avait été que de 745 tonnes.

Grâce à cet accroissement continu, le prix de l'aluminium s'abaisse rapidement; en 1895, il atteignait la moyenne de 5 francs ; actuellement il est descendu à 3 fr. 50 et baissera probablement encore.

Cette énorme production d'aluminium est une véritable révolution métallurgique, car elle permettra d'employer ce métal à une foule d'industries où il remplacera avantageusement le fer par sa résistance, le cuivre par sa

conductibilité, etc. ; sa faible densité (2,65) et sa ténacité (20 kilogrammes par millimètre carré) le rendent, à poids égal, aussi résistant que l'acier, et il a l'avantage d'être inaltérable aux agents atmosphériques ; son prix élevé et la difficulté de l'obtenir assez pur (*) en avaient retardé l'emploi ; mais les applications s'en développeront rapidement, aujourd'hui que le prix en est bas et que la pureté atteint 98 à 99 0/0 (procédé Minet). La métallurgie du fer en profite, du reste, déjà elle-même, car les alliages de fer et d'aluminium ont permis d'incorporer facilement et sans trop de frais de l'aluminium dans l'acier pendant la préparation de celui-ci et d'obtenir ainsi des produits remarquables.

La France, qui est particulièrement riche en alumine sous la forme de bauxite, peut, grâce à ses nombreuses chutes d'eau, devenir un pays producteur de premier ordre pour l'aluminium et trouver une source de richesse considérable dans cette industrie.

Les belles études de M. Moissan sur le *four électrique* et le *carbure de calcium* ont permis de fabriquer aujourd'hui dans de bonnes conditions ce produit dont la décomposition par l'eau donne l'*acétylène*. Les propriétés si précieuses de ce gaz pour l'éclairage sont dès aujourd'hui connues, et elles se vulgariseront dès que l'on sera à l'abri de toutes causes d'accidents dans son transport et sa fabrication (**).

(*) On a découvert en effet que l'aluminium pur est incomparablement plus résistant et moins altérable que l'aluminium légèrement impur. C'est ainsi qu'on a pu l'adopter pour les bidons militaires, etc.

(**) Les premiers carbures industriels étaient très impurs ; aujourd'hui le carbure cristallisé, préparé suivant les procédés de M. Moissan, permet d'obtenir des rendements de 300 à 330 litres d'acétylène pur par kilogramme de carbure. Dans ces conditions l'acétylène ayant, à volume égal, un pouvoir éclairant quinze fois plus grand que celui du gaz ordinaire, brûlé dans un bec papillon, l'éclairage qu'il produit coûte *provisoirement* moins cher que la plupart des éclairages ordinaires, quatre à cinq fois moins que le gaz de houille, par exemple.

L'avenir considérable qui semblait promis à l'emploi de l'acétylène ayant amené une véritable « fièvre » de l'acétylène, les demandes du public et le bas prix de l'aluminium conduisirent naturellement les grandes usines outillées pour la métallurgie de ce métal à produire aussi du carbure. En 1895, les usines de Neuhausen, Froges, Vallorbes, Foyers en Europe, ont entrepris cette fabrication, ainsi que l'Electro Gaz Co, qui exploite les brevets Wilson en Amérique (2.000 chevaux) à l'usine de Spray. Une usine de 2.000 chevaux a été montée par la Société la Carbite à Bellegarde (Ain), etc. Tous les jours des Sociétés se fondent pour l'aménagement de nouvelles usines dans les Alpes et les Pyrénées, en vue de cette industrie.

On peut compter aujourd'hui sur une production de 3 kilogrammes par cheval-jour, ou une tonne par cheval-an. Le prix de la tonne est descendu de 500 à 300 francs, et on peut espérer le voir s'abaisser encore, par suite des demandes croissantes de ce produit.

Il y a donc là un important emploi à prévoir pour les grandes chutes d'eau, qui seules permettent en général de réaliser des puissances considérables à bon marché.

La production d'autres carbures, borures, siliciures et de nombreux métaux précieux ou rares, tels que le chrome, le vanadium, etc., est également rendue facile par l'emploi du four électrique. Les procédés imaginés dans ce but par M. Moissan sont déjà exploités en France par la Société électro-métallurgique de Laval et prendront certainement de l'extension dans l'avenir. La Compagnie du Carborundum prépare sous ce nom un siliciure de carbone, susceptible de remplacer le diamant dans un grand nombre d'applications industrielles, et elle emploie dans ce but une puissance de 1.000 chevaux au Niagara et de 1.200 chevaux à La Bathie (Savoie).

Le four électrique semble devoir donner lieu aussi à

une autre industrie importante pour la préparation du phosphore.

On estime actuellement l'ensemble des puissances hydrauliques utilisées par les industries électro-chimiques, dont l'annexe n° 5 (p. 159) résume les principales, à plus de 60.000 chevaux, et à 200.000 chevaux la puissance des chutes qu'on pourrait utiliser facilement, d'après des estimations approximatives; la puissance disponible hydraulique dans les Alpes atteindrait près de 5 millions de chevaux.

B. — Applications mécaniques.

Moteurs électriques. — Les engins ou les outils mécaniques de toute espèce peuvent tous, avec la plus grande facilité, être actionnés par des moteurs électriques au lieu des moteurs mécaniques précédemment en usage. Les moteurs électriques, qui servent à transformer l'énergie électrique reçue d'une ligne, en travail mécanique, sont en général formés de deux parties, l'une fixe, l'autre tournant d'un mouvement de rotation uniforme ; c'est l'arbre de celle-ci qui commande les organes à manœuvrer.

Leur rendement est aujourd'hui à peu près le même que celui des dynamos génératrices; il dépend de la quantité de matériaux employés, et une machine plus chère peut avoir un rendement supérieur à celui d'un moteur à bon marché. La différence est surtout importante pour les petits appareils de moins de 1 cheval. Pour des moteurs de bonne construction, on trouve *en charge* des valeurs voisines des suivantes :

0,60 à 0,70 pour les très petites puissances (1/8 à 1 cheval);
0,70 à 0,80 pour les petites puissances (1 à 5 chevaux);
0,80 à 0,85 pour les moyennes puissances (5 à 25);
0,85 à 0,90 pour les grandes puissances (25 à 100);
0,90 à 0,92 pour les très grandes puissances (100 à 500).

Le rendement varie, comme on le voit, beaucoup moins avec la grandeur du type employé que celui d'une machine à vapeur ou à gaz, qui consomme trois ou quatre fois plus par cheval dans les petites puissances que dans les grandes ; même pour le petit type de 1/5 de cheval, l'économie du moteur électrique est assez satisfaisante.

La variation de charge n'a aussi que peu d'influence ; dans un moteur bien construit, le rendement ne s'abaisse que de 25 ou 30 0/0 à 1/4 de charge et de 10 à 15 0/0 sous une charge de 30 0/0 ; la puissance absorbée par la marche à vide n'est que de 0,05 à 0,10 0/0 de la puissance normale dans les moteurs moyens, 0,10 à 0,20 pour les petits, tandis que, dans un moteur à gaz équivalent, la consommation à vide est de 30 à 40 0/0 de la dépense normale.

On construit les moteurs électriques pour courants continus et pour courants alternatifs ; les moteurs alimentés par des courants continus ou polyphasés peuvent seuls démarrer sous charge et supporter les à-coup dans l'effort résistant. Les moteurs polyphasés ne présentent aucun organe délicat ; on peut même y supprimer tout contact frottant.

La mise en marche, l'arrêt et la régularisation de vitesse des moteurs électriques se font, pour les types usuels, avec une facilité et une précision supérieures à celles qu'on peut atteindre avec les moteurs mécaniques.

Au point de vue économique, la transmission électrique l'emporte également sur les autres procédés qui l'ont précédée ; par exemple, l'air comprimé ne donne pas des rendements de plus de 35 0/0 (ou 55 0/0 en réchauffant l'air), tandis qu'une transmission électrique à faible distance dépasse aisément 80 0/0. Les câbles télédynamiques, si employés en Suisse autrefois, donnent des

pertes de 4 0/0 environ par 100 mètres, qui en limitent rapidement l'emploi ; quant à l'eau sous pression, elle ne donne pas un rendement pratique de plus de 60 0/0.

Au point de vue technique, il y a eu quelques tâtonnements de début pour réaliser dans les meilleures conditions cette adaptation des moteurs électriques à des engins déjà existants ; il a fallu choisir convenablement les vitesses, établir des transmissions par courroies, engrenages ou vis, bien proportionnées; mais les difficultés ont été vite vaincues, et les constructeurs ont établi des types de moteurs et d'engins adaptés parfaitement l'un à l'autre et qui sont devenus d'un emploi courant.

C'est ainsi qu'on trouve aujourd'hui des machines-outils électriques pour tous les travaux d'ateliers, des tours, perceuses, raboteuses, fraiseuses, etc., des engins de levage, treuils, grues, cabestans, monte-charges, ascenseurs électriques, des pompes centrifuges ou à piston électriques, des ventilateurs électriques ; des métiers à tisser, des machines à coudre et autres machines domestiques, actionnées électriquement, etc., etc... D'une manière générale, il n'existe pas un seul engin mécanique qui ne puisse être avantageusement commandé par l'électricité. L'un des problèmes les plus difficiles à résoudre par les moteurs électriques, celui de la production de mouvements alternatifs, a lui-même trouvé plusieurs solutions satisfaisantes, soit grâce à l'emploi de transformations de mouvement, soit par la création d'électromoteurs de types spéciaux dérivant du marteau-pilon électrique de M. Marcel Deprez. C'est ainsi qu'on possède aujourd'hui des perforatrices électriques à percussion (des types Thomson-Houston, Marvin, Siemens), employées avec succès en Amérique et en Europe, concurremment avec les perforatrices électriques rotatives.

Grâce à sa souplesse d'adaptation, le moteur électrique peut trouver des applications dans toutes les branches de

'activité humaine ; on va passer en revue quelques-unes des plus importantes.

Application dans les usines. — La plus considérable actuellement est celle de la distribution de la force dans les usines, fabriques et ateliers, établis souvent sur de vastes étendues de terrain et souvent morcelés.

De tous les modes de transmission, il est aujourd'hui démontré que, malgré les faibles distances considérées, la transmission électrique est le meilleur pour cette application. En effet elle simplifie énormément les installations, en faisant disparaître les longs arbres de renvoi et les courroies sans nombre, si encombrantes, qui caractérisent les ateliers mécaniques anciens ; elle supprime ainsi de nombreuses causes d'accidents, les dépenses de travail stériles occasionnées par les frottements de toutes les pièces en mouvement et les frais d'entretien de celles-ci. Elle permet de déplacer à volonté les outils ou appareils. La distribution électrique permet de concentrer toute la production d'énergie nécessaire à une grande usine en un seul point, et d'employer ainsi un personnel réduit et des machines puissantes présentant un rendement supérieur à celui des petites. Enfin elle rend, si on le veut, la vitesse invariable, avantage précieux dans certaines industries.

La distribution de la force aux engins ou outils se fait suivant deux méthodes différentes : tantôt on actionne par chaque moteur électrique un petit arbre de transmission commandant plusieurs outils, tantôt on pousse la division à l'extrême en affectant à chaque outil un moteur spécialement approprié comme puissance et comme vitesse; cette dernière méthode est celle qu'on emploie aujourd'hui de préférence, pour tirer tout le bénéfice possible des avantages de la transmission électrique ; on va même jusqu'à affecter, dans certains cas, plusieurs moteurs à certains outils. Cette combinaison est reconnue être la

plus avantageuse et, en réalité, la plus simple pour les appareils de levage, grues, ponts roulants, etc.

Il est vrai qu'avec les transmissions électriques il faut compter une dépense de premier établissement supérieure d'environ 20 à 25 0/0, suivant l'importance et les circonstances locales, à celle d'une transmission ordinaire ; mais ces frais supplémentaires sont vite amortis par le bénéfice réalisé annuellement sur la force motrice. D'après les chiffres fournis au XVII[e] Congrès des Ingénieurs en chef des Associations de propriétaires de machines à vapeur, les pertes par transmissions mécaniques (engrenages ou courroies, poulies et arbres de transmission) peuvent varier entre 18 0/0 pour usine pour fil de laine peignée, et 72 0/0 pour usine de construction métallique; tandis qu'avec les transmissions électriques les pertes totales ne dépassent pas 25 à 30 0/0. Si l'on tient compte, en outre, du fait que la perte des transmissions mécaniques est constante, tandis que celle de la transmission électrique varie proportionnellement au travail utile, on arrive à réaliser avec cette dernière des économies de 10 à 70 0/0, suivant les cas, sur les dépenses d'exploitation. Plusieurs études importantes, publiées à la suite de nombreuses mesures par MM. Richter, Sartiaux, Hartman, etc., ont mis cette économie hors de doute.

Ces avantages ont amené déjà un grand nombre d'industriels à adopter définitivement les transmissions électriques dans tous leurs ateliers. De premiers essais avaient été faits dès 1883 aux ateliers de la Compagnie de l'Est à Paris, et l'exemple d'une grande installation d'ensemble a été donné en 1889 par les ateliers de construction militaire de Puteaux, où le capitaine Leneveu créa du premier coup une installation modèle comprenant 21 moteurs et 200 chevaux environ. Il a été suivi par la Compagnie du Nord, dans les ateliers du service électrique, en 1890 ; par la manufacture d'armes de Herstal (Bel-

gique), en 1891 (4.000 chevaux); puis par toutes les grandes usines de construction françaises et étrangères, à commencer naturellement par les usines électriques. On peut citer en France les ateliers Bréguet, Fabius Henrion, Société l'Éclairage électrique, Société électro-mécanique, le Creusot, Fives-Lille, les ateliers des chemins de fer de l'Est à Épernay, la Manufacture d'armes de Châtellerault, les ateliers de la Seyne, Forges et Chantiers de la Méditerranée, les ateliers Lazare Weiller, Darracq et Cie, etc., etc., et bien d'autres ateliers de construction variés.

A l'Étranger, les grandes maisons d'électricité Siemens et Halske, Allgemeine Gesellschaft, Schuckert, Siemens Bros, Oerlikon, Société l'Industrie électrique, Compagnie Westinghouse, General Electric Co, etc., ont également créé des installations modèles, imitées aujourd'hui par les autres industries. La Westinghouse Electric Co, par exemple, dont l'installation est entièrement nouvelle, nous offre l'exemple d'ateliers dans lesquels se trouve distribuée une puissance de 2.500 chevaux par une véritable station centrale ; la maison Siemens et Halske, elle aussi, n'emploie pas moins de 325 moteurs, développant une puissance de 2.000 chevaux.

Dans ces installations le courant continu tient une place prépondérante et suffit à tous les besoins, les transmissions se faisant à faible distance. On a cependant fait un certain nombre d'installations à courants polyphasés, dont quelques-unes à titre de démonstration, notamment celles des ateliers d'Oerlikon, de la Société électro-mécanique, de la Compagnie Westinghouse, qu'on vient de citer, etc.

Les avantages constatés au point de vue de l'entretien des moteurs permettent de prévoir pour l'avenir une grande diffusion de ce dernier système.

Les transmissions électriques se sont répandues en

même temps et progressivement dans les fabriques ou usines de toutes espèces : forges, aciéries, fonderies, imprimeries, tissages, fabriques de papier, fabriques de ciment ou d'engrais, moulins, verreries, scieries, brasseries, malteries, sucreries et raffineries. Les installations de ce genre sont si nombreuses aujourd'hui qu'il serait difficile d'en faire une statistique. On peut citer parmi les plus importantes, en France, les forges de MM. de Wendel (800 chevaux), forges de l'Adour (360), aciéries d'Isbergues (300 et plus tard 4.000), aciéries de Saint-Étienne (300), hauts-fourneaux de Villerupt (150); les usines à ciment de Voreppe (100) et de Dennemont (300), les moulins Darblay, les raffineries Say et Lebaudy (1.200), etc.

Pour se faire une idée de la diffusion rapide des moteurs électriques dans l'industrie, il suffit de savoir qu'une grande maison d'électricité suisse a installé déjà, pour ces usages, plus de 2.500 moteurs, représentant une puissance totale de 25.000 chevaux, et que les autres grandes maisons de construction en ont fourni proportionnellement.

L'application aux raffineries, à laquelle on vient de faire allusion en dernier lieu, bien qu'une des plus récentes, paraît destinée à prendre de grands développements, grâce à l'emploi des moteurs polyphasés ; ceux-ci, n'ayant aucun organe délicat, peuvent subir des à-coup et des vitesses énormes qui en font les appareils les mieux appropriés qu'on puisse imaginer pour actionner les turbines à sucre ; de nombreuses installations de ce genre ont été exécutées déjà en Allemagne, puis en France, depuis trois ans.

Application dans les gares et dans les ports. — Dans les grandes usines métallurgiques, les moteurs électriques servent surtout à actionner des engins de levage ; ces appareils trouvent aussi leur emploi dans une foule

d'autres industries. Ils sont particulièrement employés dans les grandes entreprises publiques ou privées de transports ou d'entrepôts, pour la manutention des marchandises.

En France, la Compagnie du chemin de fer du Nord a été la première à faire l'essai des cabestans, dont elle possède un certain nombre en service, ainsi que des grues électriques et des appareils de manœuvre à distance ; elle a même installé à Calais, pour l'éclairage de sa gare, un intéressant transport de force. Plus récemment, on a réalisé des installations électriques complètes, permettant de distribuer la force à tous les engins de manœuvre, en même temps que l'éclairage, dans l'étendue d'une gare ou même d'une partie de ligne de chemin de fer. Il convient de citer, comme un remarquable exemple en France, les installations de la nouvelle ligne de Sceaux par la maison Sautter et Harlé, où une station génératrice de 120 chevaux alimente, par trois sous-stations d'accumulateurs, 500 lampes à incandescence et 96 à arc, 5 ascenseurs, 1 pont tournant, 2 plaques tournantes, 2 ventilateurs et 2 pompes. A l'Étranger, outre de nombreuses applications isolées de grues, plaques tournantes, ponts roulants ou tournants, etc., il existe déjà des exemples analogues et plus importants du rôle que devra jouer désormais l'électricité dans les gares : les gares et le port de Dresde sont desservis par une distribution puissante d'énergie électrique, à courants diphasés pour la force et monophasés pour l'éclairage ; l'usine génératrice à vapeur, de 1.000 chevaux, alimente, par une canalisation en partie aérienne et en partie souterraine, 207 lampes à arc, 780 lampes à incandescence et 45 moteurs de 1 à 20 chevaux, représentant une puissance totale de près de 200 chevaux ; 40 de ces moteurs sont employés dans les ateliers de construction. Cet exemple montre que les ateliers doivent souvent chercher leur force motrice à

distance ; on en trouve des exemples plus frappants encore en Suisse, en dehors de nombreuses installations privées, dans l'installation d'une autre Compagnie de chemin de fer, la Compagnie du Jura-Simplon, à Bienne ; celle-ci utilise 350 chevaux, pris sur une chute de 850 chevaux située à 2 kilomètres de distance ; la transmission, faite par courants alternatifs diphasés à 1.800 volts, alimente d'une part les ateliers de réparation du matériel et de la traction, et de l'autre la gare de Bienne, où elle sert à charger des accumulateurs pour l'éclairage des trains ; pour cet usage, le cheval-heure utile transporté revient à environ 0 fr. 09.

Dans les ports de mer, les transmissions électriques, bien que leurs avantages économiques sur les transmissions hydrauliques soient plus discutables, s'il s'agit d'une installation isolée à créer, sont employés déjà avec succès, et particulièrement dans les villes où existaient des distributions publiques d'électricité antérieurement ; le cas le plus favorable est celui où ces distributions comportent des sous-stations d'accumulateurs, comme à Rotterdam. Après des essais à Hambourg et à Rotterdam en 1891 et 1892, de nombreuses grues électriques sont aujourd'hui en fonctionnement dans les ports allemands ; les treuils, monte-charges, etc., trouvent naturellement leur application dans les magasins. On rencontre ainsi aujourd'hui des installations d'engins de levage électrique de 900 chevaux (51 moteurs de 3 à 45 chevaux) à Rotterdam, 750 (45 moteurs de 1 à 80 chevaux) à Mannheim, 300 (21 moteurs de 6 à 35 chevaux) à Düsseldorf, 400 (57 moteurs) à Copenhague, etc.

Cette dernière installation réalise actuellement l'exemple le plus complet et le plus remarquable d'une distribution générale dans un grand port : un réseau d'éclairage alimente 107 lampes à arc, 2.000 lampes à incandescence, et un réseau de force, 57 moteurs de grues, ascenseurs,

pompes, élévateurs, monte-charges, ventilateurs. Antérieurement, le port de Southampton a été doté d'une installation assez importante de grues électriques d'un autre type. Enfin, à Ymuiden (Hollande), une station à vapeur de 200 chevaux doit éclairer les écluses du canal d'Amsterdam et en même temps fournir la force à 36 moteurs pour les manœuvres des écluses.

En France où de nombreux ports tels que Le Havre, Bordeaux, Calais, La Palice, etc., ont un bel éclairage électrique d'ensemble, la manutention électrique est encore peu développée. Cependant divers engins électriques, grues, cabestans et treuils de port, ont été installés dans le cours des trois dernières années au port du Havre, où les distributions d'énergie de la ville présentent des facilités spéciales. Du reste, dans tous les ports dotés d'une distribution de force pour tramways électriques, l'adoption d'engins électriques ne présente aucune difficulté, les conditions de fonctionnement des moteurs étant tout à fait semblables et les variations de travail des grues acceptables pour la station génératrice. Ces variations constituent le seul obstacle sérieux dans les installations de faible puissance.

Applications dans les mines et carrières. — L'industrie minière a trouvé, elle aussi, dans les distributions électriques, un auxiliaire précieux; nul autre mode de transmission ne se prête, en effet, aussi bien aux divers travaux qu'exige l'exploitation des mines : abatage du charbon ou du minerai à l'aide d'outils, transport dans les galeries, extraction par les puits, ventilation de la mine et épuisement des eaux. Pour toutes ces opérations, des Compagnies dont c'est la spécialité, telles que la General Electric Co en Amérique, Thomson-Houston en Europe, Goolden en Angleterre, Dulait en Belgique, Siemens et Halske en Allemagne, etc., ont établi des matériels miniers électriques parfaitement étudiés dans

eurs moindres détails et qui l'emportent certainement, comme sécurité de fonctionnement et comme facilité l'emploi, sur les anciens appareils actionnés mécaniquement.

On a déjà fait allusion aux deux types de perforatrices électriques, qui permettent d'attaquer les roches les plus dures aussi bien que les matériaux tendres ; il convient d'ajouter à ces outils toute une série de haveuses, trancheuses, etc., qui, perfectionnées surtout en Amérique, permettent d'abattre et de débiter commodément les blocs de houille. Les treuils de mine ne sont, eux aussi, qu'une application, sur une plus grande échelle, des engins de levage électriques déjà mentionnés ; on en construit aujourd'hui de toutes puissances, offrant des garanties absolues de sécurité. La traction dans les galeries se fait par les mêmes procédés que pour les lignes de chemins de fer à la surface du sol ; des types de locomotives spéciaux, très aplatis bien que très puissants, et à certains desquels leur forme a valu le nom de « dos de tortue », permettent aux trains électriques de suivre les galeries les plus basses ; leur vitesse est généralement de 6 à 8 kilomètres à l'heure. La puissance de ces locomotives a été en croissant. Les plus anciennes, installées en 1883 dans les mines allemandes de Zaukerode, Beuthen, Neu Stassfurth, ne développaient que 4 à 5 chevaux sous un poids de $1^{T},5$; les nouveaux types américains employés dans les mines de Lyken, Erie, etc., développent 40 à 60 chevaux sous des poids de 6 à 9 tonnes ; on a même mis en service, plus récemment, une puissante machine de 200 chevaux.

Les appareils électriques présentent dans les mines des avantages précieux ; ils n'échauffent pas l'air, ne le vicient pas, évitent les dangers d'incendie et d'explosion. La manœuvre de tous ces engins est beaucoup plus commode que celle des appareils à vapeur ou à air comprimé ; ils

sont, en effet, moins lourds, plus faciles à déplacer et à entretenir, et leur régularisation de vitesse est plus précise et plus simple. La canalisation, formée de conducteurs en cuivre, est plus souple et incomparablement plus facile à poser, à déplacer et à entretenir qu'une canalisation d'air comprimé. La même distribution peut servir à l'éclairage, ce qui est impossible par les procédés mécaniques.

Enfin l'économie d'installation et d'exploitation est plus grande qu'avec aucun autre système, grâce à la possibilité de concentrer toute la production d'énergie pour les travaux de fond et de jour dans une seule usine placée à la surface ; la suppression des fuites et des pertes constantes dans les transmissions contribue à réduire les dépenses annuelles. L'expérience a démontré que, dans les mines, l'air comprimé ne donne qu'un rendement de 20 à 30 0/0, tandis que l'électricité permet d'atteindre aisément sur l'outil 50 à 60 0/0 de la puissance prise sur le moteur de la génératrice, toutes pertes comprises.

On a trouvé, d'autre part, que la traction minière par locomotive électrique revient dans les mines allemandes à 0 fr. 11 la tonne-kilomètre, au lieu de 0 fr. 16 pour la traction par cheval et 0 fr. 25 pour la traction à bras. Aux mines de Marles en France, l'économie trouvée a été encore plus grande : 0 fr. 08 en moyenne dans le cas de l'électricité, au lieu de 0 fr. 16 dans la traction par chevaux.

A ces avantages il faut joindre la possibilité d'aller chercher au loin une source d'énergie dans le cas où l'on ne peut se procurer de charbon à des prix assez bas, ce qui se présente pour les mines métalliques situées dans les montagnes.

Dans les mines grisouteuses l'emploi des distributions électriques a paru longtemps impossible par suite des dangers d'explosion que peut provoquer la moindre étin-

celle aux balais des moteurs ou au point de rupture d'un circuit. Mais on construit aujourd'hui pour cet emploi des moteurs complètement enfermés dans une enveloppe étanche ou privés de balais (moteurs à champ tournant), des commutateurs et des fils fusibles placés également sous enveloppe étanche, et enfin des câbles de sûreté qui peuvent se rompre sans étincelle ; la traction peut être faite par des locomotives à accumulateurs. On peut donc considérer la distribution électrique comme possible même dans ces mines défavorables. Un exemple d'installation de ce genre est donné en Angleterre par la mine de lord Durham, où existe une distribution de 140 chevaux pour l'éclairage et la force, faite avec ces dispositifs perfectionnés.

C'est sans doute par suite des hésitations inspirées par cette considération du grisou que la transmission électrique ne s'est pas généralisée encore dans les mines, malgré les avantages évidents qu'elle présente. Mais il existe cependant déjà un grand nombre d'applications partielles qu'il serait trop long de citer et où, tout en conservant les anciennes transmissions, on a adopté l'électricité pour des engins nouveaux, surtout des pompes et des ventilateurs. Quelques mines nouvelles, ou plus audacieuses, sont allées plus loin et ont constitué avec succès des installations purement électriques.

En France, on peut citer déjà plusieurs applications assez importantes. Aux mines de Decize, une distribution exécutée en 1891 par MM. Schneider et C[ie] comprend 4 moteurs de 30 chevaux pour ventilateurs, 1 de 15 pour treuil de plan incliné et 1 de 12 pour pompe. La distribution est faite par courants diphasés ; les moteurs sont abandonnés à eux-mêmes en pleine forêt. Aux mines de Marles, une station à vapeur de 200 chevaux environ sert à assurer la traction par une douzaine de locomotives électriques. Une grande installation, dans laquelle on

utilisera, pour produire la vapeur, les gaz perdus des fours à coke, est en préparation à Carmaux, une autre à Bruay. Tout fait donc prévoir, en France, un rapide essor de l'électricité dans les mines.

En Angleterre, les installations d'ensemble sont plus nombreuses ; on peut citer en particulier celles des mines de Saint-John, de Margaret, d'Earnock. Dans cette dernière mine on a remplacé, il y a trois ans les machines à vapeur, les chevaux et les plans inclinés automoteurs par des treuils électriques. Les dépenses d'exploitation, pour un débit de 600 tonnes par journée de dix heures, ont été réduites de 103.000 francs à 50.000 francs, ce qui réalise une économie de plus de moitié.

L'expérience dejà acquise depuis deux ans dans cette installation montre que l'emploi des courants alternatifs n'offre pas de danger pratique pour les ouvriers ; il en est de même des courants continus à 500 ou 600 volts. On emploie depuis huit ans une tension de 700 volts dans la mine de Saint-John sans aucun inconvénient.

En Allemagne, en Suède et en Autriche, diverses installations minières emploient l'électricité pour actionner tout leur matériel.

Dans ces installations européennes, les puissances utilisées ne dépassent guère 100 à 200 chevaux et les outils électriques sont encore peu répandus.

Aux États-Unis, le rôle de l'électricité dans les mines est beaucoup plus grand et s'est développé surtout en dehors des charbonnages ; on utilise aujourd'hui des chutes d'eau situées souvent à grande distance. Par exemple, à Constock (Névada), la mine Chokard utilise pour la manœuvre des pilons de la surface une puissance de 800 chevaux, produite par une chute créée dans un puits; à Plessant-Valley (Utah) on utilise une puissance de 750 chevaux ; à Big-Bend Tunnel Camp (Californie), on emploie l'énergie prise sur une rivière, à 28 kilomètres

de distance, pour actionner 20 moteurs de 5 à 50 chevaux.

L'une des plus grandes installations actuelles, à Aspen (Colorado), utilise une puissance de 1.200 chevaux, produite par 8 roues Pelton, pour éclairer 18 arcs et 2.500 lampes et actionner, à 3 kilomètres de distance, toute une série de ventilateurs, perforatrices, locomotives et treuils.

A Silverton, 640 chevaux sont transmis à 5 kilomètres par courants triphasés à 2.500 volts ; à Rio del Monte (La Régla), 5 roues Pelton produisent 2.000 chevaux, transmis à une distance de 35 et 45 kilomètres sous 10.000 volts.

De semblables exploitations, qui eussent été à peu près impraticables sans le secours de l'électricité, montrent les grands services que peut rendre à l'industrie la transmission électrique de l'énergie naturelle en pays de montagne.

Les carrières peuvent trouver autant d'avantages que les mines à la distribution électrique de la force, sans qu'on rencontre les mêmes difficultés d'installation ; en actionnant les trancheuses, treuils, pompes, etc., de cette façon, au lieu de leur appliquer des moteurs séparés, on réalise une plus grande facilité de manœuvre, on réduit le personnel et on fait une sérieuse économie de charbon ; on a constaté, par exemple, aux carrières de Soignies, que la dépense de combustible avait été réduite de 4 à 5 kilogrammes par cheval-heure utile à 1 kilogramme. A Euville, l'économie a été de 28,5 0/0 par rapport à une précédente installation à air comprimé.

Il existe déjà plusieurs grandes carrières exploitées, notamment en France et en Belgique, celle d'Euville (50 chevaux), les carrières du Hainaut (230) et les carrières Vinegy à Soignies (350). Cette dernière installation est à courants alternatifs polyphasés.

Applications aux grands chantiers. — A ces entreprises se rattachent les grands chantiers de travaux publics, dans lesquels on peut actionner électriquement les broyeurs, bétonnières, treuils, grues, sonnettes pour le battage des pieux, etc., en même temps qu'éclairer de nuit les travaux par de puissants fanaux et l'intérieur des caissons par des lampes à incandescence.

On peut citer déjà plusieurs applications de ce genre, parmi lesquelles la plus importante a été réalisée en 1893 dans les travaux du port de Bilbao ; dans cette entreprise, MM. Coiseaux, Couvreux et Hersent ont employé, pour la manutention des blocs, un bardeur et un titan électriques automoteurs, prenant leur courant sur une ligne aérienne alimentée par une dynamo et une machine à vapeur de 60 chevaux ; il est certain que cette entreprise servira d'exemple à beaucoup d'autres et qu'on verra pratiquer en grand, dans les travaux publics, la traction électrique de wagonnets sur voies ou sur câbles porteurs, la manœuvre électrique des excavateurs. Le montage des grands ponts se prête admirablement à l'application de l'électricité, grâce à la facilité que donne celle-ci de réaliser des engins de levage très légers et locomobiles ; divers chantiers de ce genre ont été organisés en Allemagne, notamment pour l'exécution d'un pont sur le canal de la Baltique, où l'électricité a rendu les plus grands services ; en France, on a déjà employé l'électricité pour la rivure des ouvrages métalliques en place.

Dans l'exécution des tunnels, l'électricité constitue aussi aujourd'hui le meilleur moyen d'utiliser la puissance des chutes d'eau voisines, aucune transmission n'étant aussi facile à installer et d'aussi bon rendement. Une belle application de ce genre a été faite sur le chemin de fer transandin, pour le percement du grand tunnel des Andes. Sur les deux versants se trouvent deux stations hydro-électriques de 240 et de 800 chevaux, actionnant à dis-

tance, à l'aide des câbles souterrains, des compresseurs d'air situés dans des stations réparties aux deux têtes du tunnel. C'est un des plus curieux exemples de transmission électrique, car les machines ont été amenées à dos de mulet dans un pays inaccessible et à 2.000 mètres d'altitude.

Application à l'agriculture. — L'agriculture, qui tend de plus en plus à prendre le caractère et les méthodes de l'industrie, au moins dans les grandes exploitations, a déjà eu recours aux transmissions électriques et peut en retirer de sérieux avantages. Sans vouloir suivre certains esprits ardents, qui voient déjà les fermes transformées en stations centrales, autour desquelles rayonneraient des canalisations électriques allant aux champs à cultiver et aux herbages, pour y alimenter des machines faisant toutes les opérations nécessaires à l'agriculture, on ne peut nier que l'emploi d'une petite machine génératrice, actionnée par une locomobile, et de quelques moteurs judicieusement employés, ne soit de nature à rendre de précieux services dans toutes les exploitations assez importantes pour justifier cette dépense. Le besoin d'un moteur agricole est aujourd'hui reconnu, et les moteurs à vapeur et à pétrole sont déjà très employés ; mais ils s'adaptent difficilement aux différentes machines à actionner et ne se prêtent guère au labourage mécanique. Au contraire, en y joignant une dynamo, on obtient une souplesse de transmission parfaite et la possibilité d'employer des moteurs très légers : charrues, faneuses, batteuses, broyeuses, hache-paille, vannoirs, scies, pompes, peuvent être ainsi actionnés ; la présence d'une chute d'eau ou le voisinage d'une sucrerie ou d'une distillerie agricole, dont les moteurs sont inoccupés pendant les deux tiers de l'année, pourra d'ailleurs réduire, dans certains cas, les dépenses de production de l'énergie.

Le labourage électrique, essayé dès 1879 à Sermaize,

par MM. Félix et Chrétien, et à Noisiel par M. H. Menier, puis un peu perdu de vue, est redevenu l'objet de nombreuses tentatives d'application depuis deux ans en France et en Allemagne, où il existe aujourd'hui des maisons de constructions spéciales de charrues électriques. Les résultats les plus favorables ont été obtenus à Halle : une installation de 12 chevaux, coûtant 10.000 francs, permet, dit-on, de labourer par une charrue à deux socs, en une journée de douze heures, 2 hectares de terre avec une profondeur de $0^{m},24$ au prix de 51 fr. 30, ce qui ferait 25 fr. 65 par hectare, chiffre inférieur de plus de moitié à celui du même travail fait par les bœufs dans la même exploitation (62 fr. 50). Les résultats analogues, bien que moins économiques, ont été obtenus à Enguibaud et à Bertaucourt.

Parmi les fermes qui emploient actuellement l'électricité d'une manière régulière, on peut citer, en France, la ferme de Noisiel de M. H. Menier, où fonctionne un véritable transport de force utilisé aux divers besoins de la ferme, celles d'Enguibaud, de Bertaucourt, du Bois; en Algérie, celles de Ben Sala, d'Abziza; enfin le syndicat de Montlaur fait un intéressant essai de distribution rurale pour les usages agricoles.

Traction électrique. — L'une des applications des distributions électriques les plus considérables, au point de vue des conséquences sociales et des capitaux engagés, est sans contredit la traction électrique, dont les installations se rapportent, actuellement surtout, à la traction des tramways urbains et suburbains.

Le principe des tramways électriques à distribution directe (*) est le même que celui du transport de la force,

---

(*) On ne parle pas ici des tramways à accumulateurs, surtout utilisés à Paris ; car, ainsi qu'on l'a dit plus haut, ils emploient une forme très imparfaite de transport de l'énergie, au lieu du transport direct, qui fait l'objet principal de cette étude.

mais avec cette différence que les moteurs portés par les voitures se déplacent le long des conducteurs de distribution avec lesquels ils restent en contact par un appareil de prise de courant spécial, frotteur, roulette, archet, etc.

Les premiers essais de traction ont été faits, comme on le sait, en Europe, à la suite des expériences de labourage de Sermaize qu'on vient de citer : la première installation permanente à transmission directe, exécutée par Siemens et Halske à Gross-Lichterfelde, date de 1881, ainsi que la ligne de l'Exposition de Paris. Mais la situation est restée presque stationnaire jusqu'en 1889 et a peu progressé jusqu'en 1894.

Aux *États-Unis* au contraire, bien que datant d'hier à peine, car la première véritable exploitation industrielle, celle des tramways de Richemond, a été inaugurée en 1888, les tramways électriques ont pris, en moins de huit années, un développement inattendu et presque prodigieux. C'est ainsi que l'on a constaté successivement les chiffres suivants, comprenant en même temps les installations canadiennes :

						Voitures.
Au 1er janv.	1890,	1.242	kilom. de voies	électriques	avec	1.239
—	1893,	9.556	—	—		13.415
—	1894,	13.143	—	—		17.128
—	1895,	14.494	—	—		22.849
—	1896,	28.133	—	—		36.121
—	1897,	22.949	—	—		36.748

Ce grand succès de la traction électrique a fini par entraîner les pays du vieux monde, encore lentement il est vrai, mais avec promesse d'un développement rapide, surtout en Allemagne et en France ; Marseille (1892), Bordeaux (1893), Lyon, Le Havre (1894), puis Dijon, Toulon, Rouen, Angers, Versailles, Fontainebleau, Alger, Grenoble, Roubaix, etc., se sont laissé successivement convaincre de l'utilité du nouveau mode de transport. Au

1[er] janvier 1897, l'*Europe* comptait en service seulement 150 installations présentant 1.459 kilomètres de lignes, dont 631 pour l'Allemagne et 432 pour la France, et en tout 3.100 voitures automotrices ou locomotives; l'année 1898 verra doubler ces chiffres.

Le mode d'exploitation presque exclusivement adopté est celui du fil aérien avec prise de courant par trolley ou par archet, qui peut seul donner l'économie d'établissement suffisante dans l'état actuel de l'industrie; c'est pour n'avoir pas accepté cette nécessité dont elles se sont peut-être exagéré les inconvénients, que la plupart des villes françaises sont restées si en retard sur les cités américaines; elles y auront gagné, au moins, d'éviter les écoles nombreuses qu'ont dû faire les premiers initiateurs, et de pouvoir organiser leurs services de transport aujourd'hui à coup sûr. Il existe, du reste, de nombreux systèmes de distribution de courant souterraine et superficielle, mais ils ont peu d'applications jusqu'ici.

Le nouveau mode de transport, qui a pénétré déjà aux antipodes et dans le monde entier, présente des avantages éminents de commodité et d'économie qui en justifient l'adoption; les vitesses obtenues dans les villes peuvent dépasser beaucoup celles obtenues avec les chevaux; elles atteignent couramment, en Amérique, 16 à 25 kilomètres, et en Europe 12 à 16, par suite des circonstances spéciales aux deux pays. Les moteurs sont très puissants sous un faible poids et peuvent supporter d'énormes surcharges: les rampes que franchissent les voitures électriques atteignent jusqu'à 0,145 à San Francisco, 0,11 au Havre. Au point de vue des prix de revient, les frais d'exploitation par voiture kilométrique s'abaissent à 0 fr. 25 ou 0 fr. 30, et à 0 fr. 40 ou 0 fr. 45 avec amortissement et intérêt, prix inférieurs à ceux de tous les autres modes de traction.

Des tramways urbains la traction électrique s'est éten-

due aux *lignes suburbaines* et même *interurbaines* et *rurales*, soit sur route, soit sur plate-forme séparée; il existe déjà de nombreux exemples de lignes secondaires de chemin de fer où l'électricité a remplacé la vapeur : aux États-Unis, les lignes de Nantasket Beack (1895), de Hartford à Berlin, de Burlington à Mont Holly, de Cleveland à Elvyria, à Bedfort et Akron, etc. ; en Suisse, celle d'Orbe-Chavornay (1891); en France, l'embranchement de la Béraudière à Montmartre (1893); en Allemagne, les lignes de Türkheim à Wœrishofen (1895) et de Meckenbeuern à Tettnang (1896) ; et l'on projette l'installation de nombreuses lignes, dont une de 40 kilomètres entre Halle et Leipzig. Aux États-Unis, des lignes de près de 200 kilomètres sont en construction entre Détroit et Port-Huron et entre Ogden et Provo (Utah).

Des lignes métropolitaines aériennes ou souterraines ont été installées avec succès à Londres, Liverpool, Chicago, Budapest, etc., et d'autres sont en projet.

Des lignes de touriste à fortes rampes, telles que celles de Florence-Fiesole, du mont Salèue, de Gütsch-Müren, de Barmen, du mont Snœfell, du Gornergrat, etc., sont en plein fonctionnement et d'autres sont en voie d'exécution pour la Jungfrau, etc.

Sur les grandes lignes, des essais pour l'emploi de locomotives électriques à transmission directe (*) ont été exécutées aussi de divers côtés, notamment en France, par les Compagnies du Nord et de Paris-Lyon-Méditerranée. Au fur et à mesure de ces essais, la puissance de ces locomotives a constamment augmenté : celles de Londres pesaient 10,5 tonnes; celles de la Béraudière, 15 tonnes; celles de l'Intramural, de Chicago, 30 tonnes;

(*) On ne parle pas ici de la locomotive Heilmann, essayée sur le chemin de fer de l'Ouest, parce qu'elle porte elle-même sa station génératrice et n'emploie pas de transmission à distance.

enfin, en 1895, la *General Electric Co* a mis en service une locomotive de 90 tonnes qui remorque les trains de voyageurs et de marchandises pour la traversée souterraine de la ville de Baltimore. Cette locomotive, qui traîne des trains de 1.700 tonnes sur des rampes de 8 millimètres à la vitesse de 20 kilomètres à l'heure, et des trains de 500 tonnes à la vitesse de 60 kilomètres, offre aujourd'hui la démonstration la plus remarquable de la puissance presque indéfinie de la traction électrique.

L'emploi des courants polyphasés tend à s'introduire dans certains cas, pour la traction : une première installation a été faite dans ce système à Lugano, d'autres au Gornergrat et à Varese ; celles de la Jungfrau, de Burgdorf-Thun, etc., seront analogues.

Considérées comme mode de transmission électrique de l'énergie, les lignes de tramways électriques se trouvent dans des conditions défavorables, du fait de la faible tension de distribution (500 à 600 volts en courant continu), qui rend onéreux les frais d'établissement des lignes, surtout à partir de 10 kilomètres. On a donc dû, pour étendre le rayon d'action des réseaux de traction, recourir à des procédés de distribution indirecte, en transportant le courant à haute tension depuis l'usine jusqu'à divers points du réseau, puis le convertissant en courant à basse tension ; cette méthode peut alors permettre d'emprunter l'énergie à des sources très éloignées et constitue une des applications les plus importantes du transport à grande distance, et en même temps une des plus favorables, à cause du prix élevé auquel on peut faire payer l'énergie aux consommateurs. Elle est appliquée déjà à Lugano, où les courants triphasés sont employés sous même forme après transformation ; à Rome, où le courant alternatif simple, provenant de Tivoli à 25 kilomètres, est converti en continu ; à Dublin et dans de nombreuses installations des États-Unis, Portland, Lowell,

Niagara Falls, etc., où l'on convertit des courants triphasés en continus. A Buffalo, comme on le dira plus loin, le courant des tramways est entièrement fourni par l'usine du Niagara, à 35 kilomètres de distance. Une ligne de près de 200 kilomètres de longueur est en projet.

Des esprits impatients annoncent même une prochaine exploitation des grandes lignes par l'électricité : cela serait peu économique dans l'état actuel ; mais on peut espérer voir se développer progressivement l'étendue et l'importance des lignes exploitées. Il en est de même des installations pour le touage ou la propulsion électriques des bateaux sur les canaux par distribution directe, qui a déjà fait en France et en Amérique l'objet d'intéressants essais. Ce touage fonctionne avec succès au souterrain de Pouilly, sur le canal de Bourgogne, où il a été installé en 1894 par M. Galliot. Un autre touage électrique de 26 kilomètres vient d'être mis en service dans les canaux d'Aire et de la Deule. Une application en grand doit être faite aussi prochainement sur le canal Erie, aux États-Unis.

V. — Transmissions électriques d'énergie à grande distance.

Progrès réalisés dans les méthodes de transmission électrique dans le cours des dix dernières années. — Dans la transmission à grande distance, la dépense de la ligne joue un rôle beaucoup plus important que dans les exemples précédents et devient souvent prohibitive. Dans chaque cas, du reste, la perte admissible dans la ligne pour réaliser la plus grande économie finale d'exploitation dépend des circonstances locales. C'est à des considérations purement financières qu'il faut attribuer les progrès assez lents de la transmission à grande distance, dont la possibilité a été démontrée théoriquement depuis longtemps ; mais les

progrès continuels qui ont été réalisés depuis dix ans n'en ont pas moins été décisifs au point de vue pratique, en ce qu'ils ont permis d'augmenter peu à peu le rayon d'action réalisable et qu'ils permettent d'entrevoir des extensions plus grandes encore pour un avenir prochain.

On peut diviser les transmissions à grande distance en deux types bien distincts, les transmissions par *courants continus* et celles par *courants alternatifs*. Ces deux types s'étant développés parallèlement et d'une manière indépendante, il convient de les examiner séparément.

1° *Courants continus*. — Après la découverte de la transmission de la force au moyen des dynamos, par M. Fontaine, à l'Exposition de Vienne en 1883, c'est M. Marcel Deprez qui a, le premier, montré la possibilité des transmissions à grande distance. Les quatre essais qu'il exécuta successivement, de 1883 à 1885, à Miesbach, au Bourget, à Vizille et enfin à *Creil*, sur les distances de 57, 17, 14 et 56 kilomètres eurent un plein succès théorique. Les dernières expériences, celles de Creil, faites avec deux dynamos spéciales pesant 70 tonnes, montrèrent la possibilité d'obtenir des tensions de 6.000 volts avec des dynamos à courants continus et de transmettre 50 chevaux à 56 kilomètres avec un rendement de 45 0/0. Aussitôt après, M. Fontaine montra la possibilité d'obtenir le même résultat beaucoup plus simplement, à l'aide de dynamos groupées en série et travaillant chacune à une pression beaucoup plus faible, à la fois moins dangereuse et plus facile à réaliser ; il obtint ainsi, dans les mêmes conditions qu'à Creil, un rendement de 52 0/0 avec 4 machines ne pesant ensemble que 8,5 tonnes.

Ces deux expériences, qui eurent, comme on le sait, un énorme retentissement, montrèrent la possibilité de réaliser des rendements beaucoup plus élevés qu'on ne le supposait, beaucoup d'ingénieurs ayant conçu, avant cette

époque, le préjugé que le rendement d'une transmission électrique ne pourrait dépasser 50 0/0. Elles furent le point de départ de nombreuses installations industrielles de transmission à grande distance par courant continu, exécutées toutes d'après les principes ainsi établis et dont les premières furent celles de Bourganeuf, de Domène et de Calais.

Le transport de force dans ces conditions est une application aujourd'hui banale, tant que la distance ne dépasse pas 4 ou 5 kilomètres et qu'il s'agit d'une simple transmission entre deux machines. Pendant longtemps, on a hésité à aller au delà et on a cru impossible de construire des machines de faible puissance, de plus de 1.000 ou 2.000 volts, et de faire de la *distribution* de force par ce procédé. Mais aujourd'hui, grâce aux dispositions très ingénieuses et aux efforts persistants d'un ingénieur suisse, M. Thury, le rayon d'action du courant continu a été fort étendu, et le transport à grande distance, combiné avec une distribution de la force, aussi fractionnée qu'on le désire. Ce résultat a été obtenu par les perfectionnements de la construction des machines, l'emploi des régulateurs automatiques très parfaits, et enfin par une méthode d'isolement des machines qui permet de les toucher sans danger, bien qu'elles soient montées directement sur une ligne à très haut potentiel. Grâce à ces dispositions, une même canalisation va d'un moteur à l'autre, en décrivant la boucle nécessaire ; il n'y a qu'un seul circuit pour une distribution, quelle qu'en soit l'étendue.

Cette méthode a été employée d'abord par l'Italien Preves à *Gênes*, où l'aqueduc Ferrari-Galliera amène l'eau captée dans la montagne, à 30 kilomètres de distance à 550 mètres au-dessus du niveau de la mer. Cette différence de niveau est répartie entre trois chutes de 746, 720 et 760 chevaux, qui alimentent trois stations électriques, portant les noms de Volta, Paccinotti et Galvani. Ces installations, commencées en 1889, sont en complet fonctionnement

depuis six ans, avec un plein succès ; elles alimentent aujourd'hui trois réseaux séparés, sur lesquels sont branchés divers moteurs, tous en série ; le développement total des lignes atteint 60 kilomètres, le voltage 5.000 à 6.000 volts ; il sera même porté ultérieurement à 10.000 volts ; le rendement sur l'arbre des réceptrices atteint 72 0/0.

Ces résultats ont été assez satisfaisants pour décider en Suisse les communes de la *Chaux-de-Fonds* et du *Locle*, d'une part, et, de l'autre, les communes du *Val-de-Travers*, à adopter la même solution pour leurs belles distributions d'énergie, construites il y a trois ans. Les potentiels de ces distributions peuvent atteindre sans danger 10.000 et même 14.000 volts. Tous les moteurs un peu puissants sont disposés sur le circuit primaire, qui pénètre ainsi chez certains habitants ; mais les boucles ainsi formées dans les villes ou villages sont en câble soigneusement isolé ; les machines sont placées sur des planchers isolés comme à Gênes ; et, comme ces installations sont peu nombreuses, les dangers sont nuls. Pour l'éclairage des particuliers et pour l'alimentation des petits moteurs, chaque localité possède une station de transformation, où la tension du courant distribué est abaissée à 120 volts, et où l'on dispose, en outre, des batteries d'accumulateurs suffisantes pour régulariser l'éclairage. La simplicité extrême de ces installations et l'emploi de régulateurs automatiques a permis de réduire le personnel dans des proportions extrêmes et de confier la conduite des machines à des paysans sans instruction technique. Une distribution analogue de 1.200 chevaux à 12.000 volts, sur une longueur de 32 kilomètres, a été mise en service, en 1895, à Steinamanger (Hongrie).

2° *Courants alternatifs*. — Pendant les développements assez lents du courant continu, les courants alternatifs, d'abord fort en retard, ont pris, depuis quelques années, un essor inattendu.

La possibilité de transmettre le travail mécanique à l'aide de ces courants a été établie seulement en 1883 par MM. Grylls-Adams et Hopkinson ; mais cette découverte est restée sans application jusqu'au jour où Gaulard a imaginé les *transformateurs* et les a fait connaître à l'Exposition de Turin, puis à l'usine de Tivoli en 1887. Son idée, reprise par d'autres plus heureux que lui, a conduit par divers perfectionnements à la constitution de la seconde grande méthode de transmission actuellement employée, la transmission par courants alternatifs à potentiel constant, avec abaissement de la tension de distribution par transformateurs fixes.

Par le fait de cette transformation facile et de la construction plus simple des machines, le courant alternatif a conquis une supériorité certaine sur le courant continu pour toutes les applications où il s'agit surtout de distribuer la lumière à domicile ; mais il restait peu apte à la transmission de la force, à cause d'une propriété défavorable des moteurs alternatifs, comparés aux moteurs à courant continu ; les premiers ne pouvaient pas, comme les seconds, démarrer sous charge, ni même souvent à vide, et il fallait les amener d'abord par une manœuvre compliquée, à la même vitesse de rotation que les génératrices et éviter de les surcharger ; aussi les transports d'énergie par courants alternatifs, si on en excepte quelques transmissions américaines, notamment à *Telluride*, restèrent-ils longtemps limités à l'éclairage. De nombreuses installations de ce genre furent exécutées, notamment à partir de 1888, suivant les méthodes imaginées par trois ingénieurs hongrois, Zipernowsky, Déri et Blathy, bientôt imitées et perfectionnées de toutes parts. La première grande installation de transport à distance fut celle de *Tivoli*, inaugurée en 1892, et dont l'énergie est empruntée aux célèbres cascatelles. 9 turbines, d'une puissance totale de 15.000 chevaux, envoient à Rome, par une ligne

aérienne de 25 kilomètres, un courant alternatif de 5.000 volts; cette tension est réduite à 2.000 volts par une première transformation à l'entrée de la ville; la distribution se fait par des transformateurs spéciaux pour chaque consommateur. Cette installation a toujours fonctionné de la manière la plus satisfante; elle sert aujourd'hui non seulement à l'éclairage, mais à la distribution de force à quelques moteurs, et aussi à l'alimentation d'un réseau de tramways électriques, après conversion d'une partie du courant en courant continu mieux approprié à cet usage.

Dans une autre installation datant de la même époque, à Intra, 650 chevaux ont été transmis à 7 kilomètres, par un courant de 3.000 volts, pour distribuer l'éclairage et la force à Pallanza et dans les localités environnantes.

L'invention des *courants alternatifs polyphasés*, par Ferraris et Tesla, d'abord sous la forme diphasée, puis par Dolivo-Dobrowolsky, Bradley et Wenstrœm, sous la forme triphasée, a réalisé un énorme progrès au profit du système de transmission à courants alternatifs, en ce qu'elle a permis d'établir des moteurs nouveaux dits « à champ magnétique tournant », démarrant bien d'eux-mêmes, au besoin sous charge, et ayant une stabilité de marche suffisante. Ces moteurs sont, en outre, d'une construction très simple et très robuste, et dépourvus de collecteur, organe le plus délicat des moteurs à courant continu. Ces avantages, combinés avec la facilité de transformation, ont inspiré aux ingénieurs une faveur très vive pour les courants polyphasés.

Cette faveur a pris naissance à la suite des résultats surprenants de l'audacieuse expérience de Lauffen-Francfort, entreprise à l'occasion de l'Exposition de Francfort, en 1891, par les Ateliers de Construction d'Oerlikon et la Société générale d'Électricité de Berlin; cette expérience d'un transport de force à 175 kilomètres de distance, jugée

impraticable par beaucoup, était d'ailleurs préparée par une série d'essais très sérieux, exécutés par les mêmes ateliers à l'occasion d'un transport de 600 chevaux, effectué en 1890, avec un matériel analogue, mais à une distance de 25 kilomètres seulement, entre la chute d'eau de Bulach et Oerlikon. On a transmis à Francfort une puissance de 300 chevaux, prise sur une chute du Neckar, à Lauffen. Une génératrice, actionnée par une turbine, transformait cette énergie en trois courants triphasés à basse tension, qu'un transformateur-élévateur, placé au sortir de l'usine et baignant dans une huile isolante, transformait en trois courants de haute tension ; ceux-ci suivaient une ligne aérienne formée de trois fils de cuivre de 4 millimètre de diamètre, reposant sur des isolateurs à huile, fixés à des poteaux. Ces trois petits fils suffisaient à transporter sans perte exagérée cette énergie à Francfort, où elle était transportée par un transformateur réducteur à une basse tension non dangereuse. Au cours des expériences, la tension entre les conducteurs de la ligne primaire varia entre 10 et 20.000 volts ; elle fut même portée, à titre d'essai, jusqu'à 30.000 volts, sans qu'il en résultât de dommage aux appareils. Le rendement atteignit 72 à 75 0/0 entre l'arbre des turbines et des lampes brûlant à Francfort ; ce qui correspond à 60 0/0 sur l'arbre des réceptrices, retransformant cette énergie en travail mécanique.

Cette belle démonstration établit d'une manière irréfutable la possibilité de réaliser industriellement de très hautes tensions avec les courants alternatifs et, par suite, d'atteindre de grandes distances ; cette possibilité résultait en dernière analyse, dans le cas considéré, non pas de l'adoption des courants triphasés, mais bien de l'emploi de bons isolateurs sur la ligne et, surtout, des transformateurs élévateurs et réducteurs. Ceux-ci, étant des organes fixes, sont plus faciles à bien isoler que les machines, surtout lorsqu'on les plonge dans l'huile ou la paraffine ; c'est

pourquoi, tandis qu'on ne peut guère dépasser 5.000 volts avec une machine tournante, on peut obtenir des transformateurs résistant à 20.000, 30.000, et même exceptionnellement à 100.000 volts.

Ces propriétés sont, en réalité, les mêmes pour tous les systèmes de courants alternatifs. Mais le système alternatif triphasé présente, pour un transport d'énergie, un avantage important qu'il convient de signaler, c'est que les trois courants qui le composent s'annulent réciproquement au bout de la ligne et n'ont pas besoin, par conséquent, d'un fil de retour ; ce fait permet de canaliser les trois courants avec trois fils seulement ; il en résulte une économie du quart du poids du cuivre nécessaire sur la ligne, par rapport à un courant alternatif simple présentant même pression maxima. Le système triphasé se présente donc comme le mode d'emploi le plus rationnel des courants alternatifs. On a éprouvé, au début, quelques difficultés pour équilibrer les courants des trois circuits de la distribution, par suite de leurs réactions mutuelles lorsque les consommations varient, et on a préféré d'abord pour ce motif dans les distributions d'éclairage le système diphasé qui semble présenter plus d'indépendance entre les circuits ; on a même imaginé d'autres combinaisons plus compliquées pour faciliter le réglage. Mais aujourd'hui l'expérience a montré que l'équilibrage est suffisamment réalisable de lui-même ou à l'aide de quelques artifices.

Exemples d'applications récentes en France et à l'étranger. — Depuis 1892, l'installation de Lauffen sert à éclairer la petite ville d'*Heilbronn* à plus faible distance (11 kilomètres et 5.000 volts), et les transmissions réalisées depuis cette époque en Europe n'ont pas atteint des distances comparables, les résultats financiers du transport de Francfort ayant été, somme toute, fort discutables, car le cheval revenait à 1.500 francs d'installation. En fait, cette expérience a servi surtout à faire connaître

les ressources nouvelles de l'électricité et à inspirer confiance aux industriels pour l'établissement de transmissions plus modestes. On a vu celles-ci se multiplier peu à peu, avec plus de précision dans l'exécution et un succès financier mieux assuré. C'est surtout en Suisse et en Amérique que ces progrès ont été les plus continus. Plusieurs villes industrielles, *Zurich*, *Lucerne*, *Olten*, *Aarau*, des groupements de communes, tels que ceux du lac de Zurich ou de la vallée de Saint-Imier (La Goule), de Rheinfelden, etc., ont établi pour l'éclairage et la force des distributions par courants polyphasés, dont les principales figurent dans la table de la page 156. L'une des plus importantes est celle de Chèvres, destinée à la distribution d'électricité à *Genève*, et dont l'énergie a été utilisée dès 1896, pour les services de l'Exposition nationale suisse.

L'une des plus intéressantes installations de ce genre, au point de vue social, est celle de *La Goule*, qui donne un excellent exemple d'une distribution rurale enrichissant toute une population laborieuse et industrielle (*). Les communes desservies dans le Jura bernois et le Jura français sont celles de Noirmont, les Breulaux, Tramlan, Creux-des-Biches, Bois-Français, Les Bois, Villeret, Saint-Imier, Renan, auxquelles doivent être ajoutées prochainement Charmanvillers, Damprichard, Charquemond, Maîche, Trévilliers et Russey. La longueur totale des canalisations aériennes est de 34,1 kilomètres. Dans chacun des lieux habités, une sous-station de transformation, en forme de tourelle fermée, placée à l'entrée du village, alimente à basse tension deux réseaux de distributions secondaires, l'un servant à l'éclairage, et l'autre

(*) L'industrie principale desservie par cette distribution et par celles analogues de Olten, Wynau, La Sihl, etc., est l'horlogerie ; il en est de même dans les villes du Locle, de la Chaux-de-Fonds, de Neufchâtel, de Genève, etc.

aux applications mécaniques. Le personnel se réduit à six mécaniciens ou aides, surveillant la station génératrice ; dans chaque village un agent est chargé de la vente des lampes et de la surveillance de la tourelle de transformation dont il a la clef. A Saint-Imier, où la consommation est plus importante, on convertit le courant alternatif en courant continu, plus facile à employer et qui permet, en outre, l'emploi d'une batterie d'accumulateurs comme réserve.

A Rheinfelden, près de Bâle, on vient de terminer une usine hydraulique de 15.000 chevaux comprenant 20 unités hydro-électriques à courants triphasés, pour la distribution de l'éclairage et de la puissance mécanique aux localités environnantes comprises dans un rayon de 20 kilomètres. La tension est de 6.500 volts et sera ultérieurement doublée, s'il y a lieu.

Aux *États-Unis*, où l'on dispose d'énormes chutes d'eau et où, dans les régions des montagnes Rocheuses et de la Californie, le charbon est cher, il était naturel que les mêmes procédés fussent également appliqués. Le tableau de la page 160, qui résume les principales transmissions exécutées dans le cours des dernières années, donne une idée de leur développement progressif.

La plus longue transmission à signaler dans ce pays est celle de 3.000 chevaux entre Ogden et Salt-lake-City (Utah). La distance franchie a été d'abord de 58 kilomètres, à la tension de 15.000 volts, et ultérieurement de 110 kilomètres, à la tension de 25.000 volts. De nouveaux types d'isolateurs rendent ces tensions aujourd'hui tout à fait industrielles.

L'exemple le plus grandiose qui existe au monde des applications de l'électricité pour tous les usages, à petite et à grande distance, est fourni par les installations du *Niagara*. On sait que la Niagara Falls Power Co a obtenu, en 1886, l'autorisation de faire pour les usages indus-

triels, sur les 7 millions de chevaux de la grande chute américaine, une saignée de 450.000 mètres cubes, au moyen de deux dérivations, l'une sur la rive des États-Unis, l'autre sur la rive canadienne. C'est la première qu'elle utilise en ce moment pour la production de l'énergie électrique dans une grande usine qui lui appartient. L'eau captée est amenée par un bief, situé à 2 kilomètres en amont, à des turbines dont la décharge se fait par un tunnel en pente aboutissant à l'aval de la chute. Le canal et le tunnel ont reçu des dimensions suffisantes pour la production de 100.000 chevaux. Le tunnel a 2 kilomètres de long ; il a donné lieu à 30 millions de tonnes de déblais. Chacune des turbines, installées au nombre de 12, a une puissance de 5.000 chevaux à 250 tours par minute et 75 0/0 de rendement. Elles sont placées au fond d'un puits de 50 mètres, communiquant à la partie supérieure avec le bief par des tubes en tôle verticaux, à la partie inférieure avec le canal de fuite ; la chute utile est de 41^{m},45 et le débit de 12.176 mètres cubes par seconde. Les arbres verticaux des turbines portent à leur partie supérieure les inducteurs des machines génératrices disposées à l'étage supérieur de l'usine ; celles-ci produisent des courants alternatifs diphasés à la tension de 2.250 volts et à la fréquence de 25 périodes ; cette faible fréquence est justifiée par les conditions d'utilisation prévues.

La tension ainsi produite suffit pour la distribution à faible distance dans le périmètre de la ville de Niagara-Falls et dans les environs immédiats ; pour les transports à grande distance, on fait passer le courant dans des transformateurs-élévateurs qui portent la tension à 10.000 ou 20.000 volts.

La Compagnie vend l'énergie sous forme d'eau, de travail mécanique ou de courant. La distribution commerciale du courant électrique a commencé le 26 août 1895 ;

aussitôt l'usine a trouvé de nombreux abonnés pour la vente du courant, et plusieurs grandes industries, attirées par le bas prix de la force motrice, sont venues se grouper autour d'elle, notamment la Pittsburgh Reduction Co (2.000 chevaux), la Carborundum Co (1.000 chevaux), la Carbide of Calcium Co (1.000 chevaux), ainsi que différentes Compagnies de tramways et d'éclairage du voisinage ; pour faciliter la distribution du courant, la Compagnie du Niagara a établi un tunnel de 750 mètres contenant les conducteurs à haute tension.

Enfin, à partir de la fin de 1896, fonctionna un transport de force de 1.000 chevaux de l'usine de Niagara à la ville de Buffalo, située à 35 kilomètres pour l'alimentation du réseau de tramways de cette ville, en attendant que tout le courant soit fourni par le Niagara. Les prévisions annonçaient pour la fin de 1897 une consommation totale de 10.000 chevaux dans cette ville. Les poteaux de la ligne aérienne à trois fils sont installés en vue d'un transport de 40.000 chevaux ; les transformateurs-élévateurs au départ peuvent donner à volonté 10.000 ou 20.000 volts ; ceux d'arrivée réduisent à 4.000 volts la tension des courants polyphasés, que des convertisseurs tournants de 500 chevaux convertissent en courant continu à 550 volts ; ces appareils alimentent le réseau en parallèle avec les génératrices anciennes, qui seront prochainement supprimées. Le prix de vente de l'énergie aux tramways est fixé à 180 francs le cheval-an.

Cette entreprise est d'autant plus audacieuse que Buffalo est une des villes du monde où le cheval-vapeur est produit au plus bas prix. On verra plus loin dans quelles conditions économiques l'énergie est obtenue.

En *France*, bien que les transports à grande distance ne soient pas encore très nombreux, il en existe déjà qui méritent la peine d'être signalés et qui sont résumés dans l'annexe n° 2 (p. 153). Parmi ceux-ci, il en est deux

ou trois qui ne le cèdent en rien aux plus beaux exemples de l'Étranger. En particulier à Bellegarde (Ain), la Compagnie des Établissements hydrauliques de Bellegarde a établi, à l'aide d'un tunnel de 550 mètres, une chute de plusieurs milliers de chevaux, dont 2.650 sont utilisés pour la production de courants alternatifs triphasés, distribués à 1.000 volts à plusieurs usines voisines : Société des Phosphates, scierie, filatures de ramie et de coton et Société La Carbite. Sur cette puissance totale, 500 chevaux environ sont utilisés pour la force motrice, qui est livrée en moyenne au prix de 100 francs par cheval-an, et 2.000 doivent être consommés directement dans les fours électriques de la Société La Carbite.

Dans le département de la Loire, la Compagnie électrique de la Loire a installé sous le régime des permissions de voirie une importante distribution qui dessert les villages des environs de Saint-Étienne. La puissance distribuée, principalement aux métiers à tisser le ruban, est actuellement de 900 chevaux, et sera portée prochainement à 5.000 chevaux. La distance maxima de transmission est de 40 kilomètres et la longueur totale des lignes atteint 100 kilomètres.

A Lyon, la Société des forces motrices du Rhône a été autorisée, par une loi du 4 juillet 1892, à établir une dérivation du Rhône à Jonage et à établir dans la ville de Lyon et les communes environnantes une distribution d'énergie; après achèvement complet, 16 turbines-dynamos de 1.250 chevaux utiliseront une puissance totale de 20.000 chevaux (*); l'énergie sera distribuée sous forme de courants alternatifs triphasés de 50 périodes par seconde (périodicité plus pratique que celle du Niagara), et à la tension de 3.500 volts seulement, la canalisation devant être souterraine.

(*) L'installation actuelle ne comporte encore qu'une puissance de 12.000 chevaux.

Résultats acquis. — Il résulte de ces données d'expérience qu'on peut considérer aujourd'hui comme *entrés dans la pratique* les transports effectués dans un rayon de 50 kilomètres et qu'on dispose, pour les effectuer, de deux bonnes méthodes, l'une par courant continu, et l'autre par courants alternatifs polyphasés. Ces deux méthodes ont des partisans peut-être trop exclusifs ; en réalité, loin de s'exclure mutuellement, elles présentent chacune de sérieux avantages, qui peuvent justifier l'emploi de l'une ou de l'autre suivant les circonstances et les desiderata. Les tableaux et les statistiques donnés plus bas montrent la proportion des différents systèmes de transport employés en divers pays.

Les tensions ne dépassent pas encore couramment 10 à 15.000 volts pour les deux systèmes ; mais il est établi qu'avec les courants triphasés on peut atteindre aujourd'hui, si l'on veut, 25.000 volts. Une installation à 33.000 volts est même projetée aux États-Unis, à Bear-Creck.

Ces chiffres s'appliquent seulement aux lignes *aériennes;* les lignes souterraines ne peuvent encore supporter sûrement des tensions aussi élevées ; actuellement les tensions *maxima* réalisées dans des canalisations *souterraines* sont de 3.000 à 5.000 volts ; un seul exemple de ligne à 7.000 volts existe en Espagne depuis trop peu de temps pour permettre d'en tirer une conclusion contraire.

Le rendement du transport dépend des rendements des génératrices des transformateurs, des réceptrices, de la perte en ligne et du mode d'emploi de l'énergie. Pour les grosses machines, le rendement pratique est de 0,92 à pleine charge ; pour les petits moteurs de 1 à 5 chevaux, il descend à 0,70 ou 0,75 ; pour les transformateurs, il est de 0,95 à 0,96. Dans ces conditions, en admettant une perte en ligne ordinaire de 10 0/0, on obtient les rendements maxima suivants :

A. — *Transport d'énergie avec utilisation immédiate à l'arrivée.*

Courants continus	0,83
Courants alternatifs avec simple transformation	0,78
Courants alternatifs avec double transformation	0,74

B. — *Transport d'énergie pour force motrice.*

	RENDEMENT SUR L'ARBRE	
	Petits moteurs	Grands moteurs
Courants continus	0,60	0,76
Courants alternatifs avec simple transformation	0,57	0,72
Courants alternatifs avec double transformation	0,54	0,68

Ces chiffres sont confirmés par des expériences nombreuses, et n'ont été que rarement dépassés, bien qu'on en ait annoncé souvent de plus élevés.

Lorsque les appareils ne fonctionnent pas à pleine charge, le rendement *moyen* se trouve fortement réduit et ne dépasse guère 0,50 à 0,60 dans le transport d'énergie pour utilisation directe, et 0,40 (très petit moteur) à 0,50 (gros moteur) dans le transport de force. Ces derniers chiffres s'appliquent aussi à la traction électrique.

Valeur commerciale des transmissions électriques à grande distance. — L'économie d'une distribution d'énergie par l'électricité est forcément d'autant moindre que cette énergie est transmise à plus grande distance de son point de production. Les transmissions à grande distance paraissent donc moins avantageuses pour le propriétaire d'une force naturelle que l'emploi immédiat de l'énergie dans l'usine même ou à proximité de celle-ci. Mais les applications métallurgiques et chimiques de l'électricité et les industries mécaniques locales ne suffisent pas à utiliser toute l'énergie disponible dans les chutes d'eau ; il faut bien chercher, à plus grande distance, des marchés où l'on puisse la vendre à meilleur compte.

Les grandes villes, en particulier, constituent aujour-d'hui de plus en plus des centres importants de consommation d'énergie, et, de même qu'on leur amène l'eau de sources captées à grande distance, on peut souhaiter les alimenter en courant électrique à l'aide de puissantes sources d'énergie naturelles, lorsqu'il s'en trouve dans la même région. Cette combinaison présenterait de très grands avantages: en centralisant la distribution de l'énergie, elle permettrait d'en faire un service très bien organisé, de produire le travail mécanique à bon marché et de le mettre ainsi à la portée du pauvre aussi bien que du riche. Au point de vue hygiénique, elle permettrait en même temps de supprimer le dégagement abondant de fumée qui obscurcit l'atmosphère et contamine l'air des grandes villes.

Pour qu'elle soit autre chose qu'une utopie, il faut seulement que le prix de revient du travail transporté, y compris l'amortissement des installations, ne dépasse pas sensiblement celui du travail produit sur place à l'aide de machines à vapeur et du charbon amené des centres houillers. On va montrer qu'il peut en être ainsi dans des cas nombreux.

Comme on l'a dit, le prix de revient des *lignes* n'entre que pour une faible fraction dans le prix de revient *total* d'un transport de force à petite distance, lorsqu'on peut employer les fils aériens, à condition qu'on élève la tension suffisamment. Mais il devient rapidement élevé lorsque la distance croît et que la puissance est faible. Pour les grandes puissances, le prix des lignes aériennes est sensiblement proportionnel au carré de la distance et inversement proportionnel au carré de la tension ; quant aux câbles souterrains, leur prix devient rapidement considérable, et cela d'autant plus qu'on ne peut réaliser avec eux des tensions aussi élevées qu'avec les fils aériens.

Les tableaux suivants donnent une idée approximative

de cette variation des prix de revient par cheval des lignes à haute tension, de préférence à fil aérien. Ces chiffres n'indiquent d'ailleurs que l'ordre de grandeur, et les prix effectifs s'en écartent plus ou moins, suivant les circonstances, car le transport et le montage y jouent un rôle prépondérant.

COURANTS ALTERNATIFS SIMPLES A 4.000 VOLTS (*canalisation souterraine*). — *Câbles concentriques.*

DISTANCE	PERTE CONSENTIE, 10 0/0				
	10 chevaux	50 chevaux	100 chevaux	500 chevaux	1.000 chevaux
	francs	francs	francs	francs	francs
5 kilomètres..........	6.000	1.250	645	167	109
10 —	12.100	2.580	1.410	438	300
25 —	31.250	7.300	4.175	»	»
50 —	64.500	16.700	10.950	»	»
	PERTE CONSENTIE, 15 0/0				
5 kilomètres..........	6.000	1.220	635	153	95
10 —	12.000	2.540	1.350	380	250
25 —	30.500	7.000	3.824	1.375	»
50 —	63.500	15.500	9.500	»	»

COURANTS TRIPHASÉS A 5.000 VOLTS (*canalisation aérienne*)

DISTANCE	PERTE CONSENTIE, 10 0/0				
	10 chevaux	50 chevaux	100 chevaux	500 chevaux	1.000 chevaux
	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
5 kilomètres..........	360 »	80 »	45 »	17,50	13,50
10 —	740 »	180 »	110 »	54 »	47 »
25 —	2.000 »	600 »	425 »	285 »	267 »
50 —	4.500 »	1.700 »	1.350 »	1.070 »	1.035 »
100 —	11.000 »	5.400 »	4.700 »	4.140 »	4.070 »
150 —	19.500 »	11.000 »	10.050 »	9.210 »	9.105 »
	PERTE CONSENTIE, 15 0/0				
5 kilomètres..........	357 »	76,80	41,90	13,90	10,40
10 —	727,60	167,60	97,60	41,60	34,60
25 —	1.922 »	522 »	347 »	207 »	189 »
50 —	4.190 »	1.390 »	1.040 »	760 »	725 »
100 —	9.760 »	4.160 »	3.460 »	2.900 »	2.830 »
150 —	16.710 »	8.310 »	7.260 »	6.420 »	6.315 »

COURANTS TRIPHASÉS A 10.000 VOLTS (*canalisation aérienne*).

DISTANCE	10 chevaux	50 chevaux	100 chevaux	500 chevaux	1.000 chevaux
	PERTE CONSENTIE, 10 0/0				
	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
5 kilomètres..........	352,50	72 »	37,50	9,40	6 »
10 —	710 »	150 »	80 »	24 »	17 »
25 —	1.812 »	412 »	237 »	97 »	80 »
50 —	3.750 »	950 »	600 »	320 »	285 »
100 —	8.000 »	2.400 »	1.700 »	1.140 »	1.070 »
150 —	12.750 »	4.350 »	3.300 »	2.460 »	2.355 »
	PERTE CONSENTIE, 15 0/0				
5 kilomètres..........	351,70	71,60	36,70	8,70	5,20
10 —	706,90	146,90	76,90	20,90	13,90
25 —	1.793 »	393 »	218 »	78 »	60,60
50 —	3.672 »	872 »	522,50	242 »	207,50
100 —	7.690 »	2.090 »	1.390 »	830 »	760 »
150 —	12.052 »	3.652 »	2.602 »	1.762 »	1.657 »

COURANTS TRIPHASÉS A 20.000 VOLTS (*canalisation aérienne*).

DISTANCE	10 chevaux	50 chevaux	100 chevaux	500 chevaux	1.000 chevaux
	PERTE CONSENTIE, 10 0/0				
	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
5 kilomètres..........	350 »	70,60	35,60	7,60	4,10
10 —	702 »	142 »	72,50	16,50	9,59
25 —	1.765 »	365,60	190,60	50,60	33,10
50 —	3.562 »	762,40	412 »	132,50	97,50
100 —	7 250 »	1.650 »	950 »	390 »	320 »
150 —	11.062 »	2.662 »	1.612 »	772 »	667 »
	PERTE CONSENTIE, 15 0/0				
5 kilomètres..........	350 »	70,40	35,40	7,40	2,90
10 —	701,70	141,70	71,70	15,70	8,73
25 —	1.760 »	360 »	185,80	45,80	28,30
50 —	3.543 »	743 »	393 »	113,20	78,25
100 —	7.173 »	1.573 »	873 »	313 »	243 »
150 —	10.889 »	2.489 »	1.439 »	599 »	494 »

Pour apprécier le rôle relatif des lignes proprement dites dans la transmission, il suffit de comparer ces chiffres aux *prix approchés des appareils électriques*, qu'on peut évaluer comme il suit, lorsqu'il s'agit de grandes puissances :

100 francs par cheval pour les dynamos et les accessoires ;

50 francs par cheval pour les transformateurs (à chaque transformation).

Ce qui donne pour le prix total des appareils de transmission, en tenant compte des suppléments de puissance nécessaire pour compenser les pertes de rendement de la ligne et des appareils dans les conditions ordinaires, sans distribution :

250 à 300 francs par cheval pour une transmission de grande puissance à courants continus avec utilisation immédiate de l'énergie à l'arrivée ;

300 à 350 francs par cheval pour une transmission à courants alternatifs ou à courants continus avec transformation complète en travail à l'arrivée dans de gros moteurs.

Il faut y ajouter 100 à 200 francs pour les accessoires et les lignes secondaires de distribution, lorsqu'on distribue l'énergie par un réseau, ce qui élève en même temps le prix des réceptrices à 200 ou 300 francs par cheval en moyenne et diminue leur rendement. Le prix total *minimum* de la partie électrique d'un transport *avec distribution* se trouve ainsi porté aux valeurs suivantes :

450 à 500 francs par cheval pour une grande installation à courant continu sans transformation ;

500 à 700 francs pour une grande distribution avec transformation complète en travail.

Enfin le prix des *machines motrices*, *bâtiments* et de leurs accessoires ne descend pas facilement au-dessous de 250 à 200 francs par cheval pour les grandes machines à vapeur ni pour les usines hydrauliques, et il faut le porter à 300 ou 350 francs pour tenir compte des réserves nécessaires (*). Pour les usines hydrauliques, lorsqu'il ne

(*) Sans compter les machines à vapeur de réserve nécessaires, quand le débit de chute utilisée est trop variable.

s'agit pas de très hautes chutes facilement captées, il est ordinairement compris entre 500 et 1.000 francs avec le canal d'amenée. Il atteint facilement 1.000 à 1.500 francs en dehors des pays de montagnes, lorsqu'on ne trouve pas déjà la chute en partie aménagée. A Genève, l'installation hydraulique est ressortie au prix initial de 1.500 francs, ramené à 650 francs par agrandissement ultérieur. Dans les Alpes françaises on admet que le cheval-an hydraulique coûte comme intérêt, amortissement et entretien des ouvrages et des turbines, 25 à 50 francs au moins, auxquels il faut ajouter environ 20 à 30 francs pour la location de la chute.

On aura un intéressant exemple du prix d'installation du cheval électrique à vapeur et hydraulique par les dépenses relevées approximativement pour les trois stations de la Compagnie électrique de la Loire : à Pont-de-Lignon (400 chevaux hydrauliques), le prix de la chute aménagée, des turbines et des dynamos ressort à environ 375 francs par cheval ; à Saint-Étienne (400 chevaux à vapeur), à 450 francs ; à Saint-Victor (900 chevaux hydrauliques, avec une réserve de 600 chevaux à vapeur), à 570 francs par cheval.

La comparaison des tableaux précédents montre que, tant que les distances ne dépassent pas 25 kilomètres, le prix d'une ligne aérienne à haute tension (10.000 volts et au delà) est presque négligeable dans le prix total, et qu'au-delà de 5 kilomètres les lignes à 500 volts aériennes et les lignes souterraines deviennent rapidement inabordables. C'est, en définitive, aux lignes aériennes à tension élevée seules qu'il faut songer pour les grands transports de force.

On voit, en outre, en se plaçant dans les conditions de la pratique courante les plus avantageuses, que le prix total d'installation d'un transport d'énergie ne peut guère descendre au-dessous de 740 à 1.000 francs par cheval.

avec distribution et de 500 à 700 francs sans distribution.

Si l'on admet un amortissement et un intérêt de 8 0/0 et des frais d'entretien et de personnel de 5 0/0, le *minimum* pratique auquel peut ressortir actuellement le cheval-an transporté est voisin de 100 francs, en admettant qu'il s'agit d'une grande installation de plusieurs milliers de chevaux, supposée complètement installée, et de 150 à 200 francs s'il s'agit de quelques centaines de chevaux seulement.

Cette conclusion est confirmée par l'examen des prix de revient des installations existantes les plus nouvellement installées. On peut citer comme exemple les frais d'établissement suivants, dans lesquels les réceptrices ne sont pas comprises, sauf pour une partie de la première installation, ce qui rendrait nécessaire une majoration de 150 francs environ par cheval pour le prix d'établissement.

NOM de l'INSTALLATION	PUISSANCE distribuée en chevaux	DISTANCE de distribution	PRIX de la force par cheval	PRIX des machines électriques et transformateurs par cheval utile	PRIX de la transmission et du réseau de distribution	TOTAL	INTÉRÊTS et amortissements — Frais d'exploitation par cheval disponible
			francs	francs	francs	francs	francs
…de-Fonds et Locle (*)	1.200	48	340	500	560	1.400	160
…tel	1.200	9,5	»			1.944	»
…le	1.500	»	592	376		948	»
…berg-Lucerne	1.200	5	620	300	300	1.220	161
…	200	11	550	330	180	1.030	124
…	400	1,6	1.575	300	150	2.125	205
…ken	350	»	890	350	185	1.425	171
… (Isère)	250	(20)	»	160		750	»
…de-Lignon (**)	400	»	275	100	»	»	»
…ctor sur-Loire	900	»	840	100	»	»	»

(*) Pour l'usine de la Chaux-de-Fonds, si l'on veut faire entrer dans le prix de la force motrice celui de …tion de réservoirs accumulateurs destinés à régulariser le débit de la rivière, il faut majorer les … indiqués de 400 francs par cheval, ce qui donne un prix final de 1.800 francs environ (Voir …rt du jury d'examen des projets en 1894, par Palaz).

(**) A Pont-de-Lignon et Saint-Victor, le prix de la machinerie électrique ne comprend pas les trans…tions.

Ce tableau contient en même temps des prix de revi
du cheval annuel rendu aux bornes des réceptrices cal
lées en adoptant les taux réduits de 5 0/0 pour l'intérêt
de 2,5 0/0 à 3,5 par an pour l'amortissement et l'entret
du matériel ; cette réduction des taux est une condit
jugée nécessaire dans ces installations pour ne pas éle
trop le prix de vente du cheval électrique.

Bien que cette manière de faire ne semble pas tou
fait prudente, on doit approuver, au point de vue de l'inté
général, ces entreprises, audacieuses au point de v
financier. Elles sont d'ailleurs justifiées toutes dans u
certaine mesure par la conviction où l'on se trouve qu
aura probablement à augmenter les puissances actuel
et qu'on s'est réservé le moyen de le faire sans aména
ments nouveaux autres que l'installation de nouve
unités génératrices ; dans l'avenir, on espère donc u
réduction importante du prix de revient du cheval.

Par exemple, à *Chaux-de-Fonds* et au *Locle*, la pu
sance des génératrices doit être portée à 3.200 cheva
et la puissance utilisée à 2.400. Le prix d'établissement
cheval-an sera alors réduit à 835 francs, et le prix
revient du cheval-an à 100 francs seulement, chif
indiqué plus haut comme un minimum. Ce prix est le *pr*
de vente du Niagara et de Bellegarde, à proximité
l'usine ; mais ce sont des cas *exceptionnels* résultant,
premier, d'une situation unique au monde, et le seco
de l'abandon d'une partie du capital d'établissement.

En réalité, le prix de revient de la force motrice d
tribuée est forcément encore beaucoup plus élevé dans
plupart des distributions. En Suisse, on estime que
puissance hydraulique transportée électriquement ne p
coûter moins de 300 francs le cheval-an.

A *Neuchâtel* et à *Chambéry*, par exemple, on trou
les tarifs suivants :

		Neuchâtel.	Chambéry.
Puissance 1/10 de cheval.	Prix par cheval-an...	400 fr.	»
— 1/2 —	— ...	350 »	»
— 1 —	— ...	300 »	350 fr.
— 5 —	— ...	248 »	350 »
— 10 —	— ...	220 »	250 »
— 40 —	— ...	164 »	200 »

Le tarif de La Goule est plus élevé, étant donné surtout le prix d'établissement :

Puissance 1/4 de cheval.	Prix par cheval-an......	536 fr.
— 3/4 —	—	461 »
— 1 —	—	430 »
— 2 à 12 —	—	325 »

Le tarif de la Compagnie électrique de la Loire est encore supérieur :

Puissance 1/8 de cheval.	Prix par cheval-an......	750 fr.
— 1/4 —	—	660 »
— 1/2 —	—	600 »
— 1 —	—	570 »
— 5 —	—	480 »
— 20 —	—	360 »

A Lyon, celui de la Compagnie lyonnaise des Forces motrices du Rhône va de 720 francs pour un cheval à 360 francs pour 20 chevaux ; tandis que le cheval-an est en moyenne estimé, dans la même ville, à 400 francs pour la vapeur et 1.250 francs pour la machine à gaz.

Il est à remarquer que, dans tous les exemples précédents, le prix de la canalisation de transport proprement dit n'est pas représenté par le chiffre de la sixième colonne du tableau de la page 131, mais seulement par une part insignifiante de ce chiffre ; en particulier à la Chaux-de-Fonds et au Locle, la dépense élevée, de 560 francs, provient du réseau secondaire et des sous-stations de

distribution, mais les lignes primaires ne coûtent en réalité que 83 francs par cheval dans leur ensemble.

Ces éléments numériques indiquent l'état réel de la question, sans intervention d'aucune des hypothèses exagérées qui ont été trop souvent prises comme base de comparaison fantaisiste. Pour juger de la valeur du transport électrique, il convient de comparer ces prix de revient à ceux du cheval-vapeur dans des conditions ordinaires. En France, on peut estimer comme suit les prix d'établissement d'une machine à vapeur ou à gaz pauvre (les prix sont voisins), avec bâtiments et accessoires, et les prix de revient du cheval-an.

PUISSANCE	PRIX d'établissement par cheval	PRIX DE REVIENT DU CHEVAL-AN		
		Pour 1.000 heures de marche	Pour 3.000 heures de marche	Pour 6.000 heures de marche
	francs	francs	francs	francs
1	2.000	500	900	1.620
5	1.500	280	585	1.320
10	1.000	210	480	900
50	800	145	270	420
100	600	110	210	360
500	400	80	150	270
1.000	300	70	140	250
10.000	250	50	136	240

Ce tableau comprend les prix de revient du cheval-an pour diverses durées de fonctionnement, 1.000, 3.000 et 6.000 heures, c'est-à-dire en moyenne 3, 10 et 20 heures par jour pendant 300 jours par an. Ces chiffres ont été obtenus en se plaçant dans des conditions ordinaires, en comptant l'amortissement et l'intérêt des capitaux à 8 0/0 aussi bien que pour une usine hydro-électrique, et le charbon à 20 francs la tonne, en tenant compte du rendement médiocre des petits moteurs (consommant 2, 3, 4 kilogrammes de houille par cheval, au lieu de 0,8 pour les gros) ; ils sont bien d'accord avec la pratique courante et

en particulier avec les chiffres suivants admis par les grands industriels westphaliens (d'après un prix de combustible de 18 francs la tonne).

Prix de revient du cheval-heure en francs.

PUISSANCE de l'installation en chevaux	PETITES USINES					GRANDES USINES				
	2,5	5	10	50	100	500	1.000	2.000	5.000	10.000
Durée annuelle de marche :										
1.000 heures	0,41	0,33	0,26	0,125	0,105	0,085	0,07	0,065	0,06	0,05
3.000 heures	0,25	0,20	0,16	0,08	0,07	0,0525	0,025	0,045	0,04	0,035

Pour les machines à gaz pauvre, les frais de combustible sont moindres, puisqu'on peut arriver à ne brûler que 6 à 700 grammes par cheval-heure (consommation des tramways de Lausanne) au lieu de 9.000 à 10.000 dans une bonne machine à vapeur de grande puissance ; mais, la consommation croissant beaucoup plus vite aux faibles charges, on est en droit de considérer les deux types de machines comme à peu près équivalents lorsqu'elles fonctionnent sous des charges variables.

Les chiffres précédents montrent immédiatement que, pour comparer les prix de revient des puissances mécaniques obtenues directement et transportées électriquement, il faut distinguer plusieurs cas, suivant que l'énergie motrice est empruntée au charbon ou à l'eau, suivant la puissance transportée et enfin suivant le mode d'emploi de cette force.

A. *Cas où la puissance motrice est la vapeur.* — Considérons d'abord l'hypothèse d'une *usine à vapeur* de grande puissance, et admettons que le prix d'établissement de la machine et des bâtiments soit de 300 francs par cheval, en tenant compte des réserves nécessaires. Deux cas sont à distinguer suivant que cette énergie doit

être utilisée par un seul gros moteur récepteur ou, au contraire, distribuée chez de nombreux consommateurs.

1° *Transport simple pour un seul consommateur.* — Dans le premier cas on peut employer une bonne machine à vapeur ayant un bon rendement et consommant 1 kilogramme par cheval. Pour que le transport électrique soit avantageux, il faudra, en admettant même amortissement sur les machines, que l'économie de charbon soit au moins égale aux frais d'intérêt et d'amortissement des machines et lignes électriques. Nous négligerons celui-ci et, comme il n'y a pas de réseau de distribution, on estimera le prix des. génératrices réceptrices et accessoires à environ 350 francs au minimum par cheval, d'après les chiffres ci-dessus.

En attribuant au rendement de la transmission entre l'arbre du moteur à vapeur et l'organe d'utilisation la valeur maxima de 0,75 à 0,80, la puissance de la machine à vapeur devra être renforcée de 25 à 34 0/0, soit d'environ 100 à 150 francs par cheval, ce qui porte à 500 francs au moins les frais supplémentaires d'établissement occasionnés par la transmission électrique.

Au taux de 8 0/0 pour l'amortissement et l'intérêt, le prix du cheval au reçu sera ainsi grevé d'une augmentation de 40 francs, qui correspond à une augmentation du prix du combustible de : 40 francs par tonne, si la durée de marche est 1.000 heures ; 13 fr. 33 par tonne, si la durée de marche est 3.000 heures ; 6 fr. 66 par tonne, si la durée de marche est 6.000 heures.

Sauf dans des cas exceptionnels, cette augmentation dépasse de beaucoup l'accroissement du prix de revient du combustible, qui résulterait de son transport du lieu de production de l'énergie au lieu d'emploi. Il n'y a donc pas besoin de tenir compte du prix de la ligne pour voir que cette solution est inacceptable.

2° *Transport avec distribution entre de nombreux*

moteurs de faible puissance. — Au contraire, lorsque l'énergie doit être distribuée chez de petits consommateurs, ou dans un atelier, le fait même du morcellement de la puissance suffit bien souvent à rendre la distribution par l'électricité plus économique que la répartition du combustible entre de petites machines séparées ; l'augmentation du prix de revient occasionnée par la perte et l'intérêt et l'amortissement de la transmission électrique est en effet négligeable à côté de la différence entre le prix élevé du cheval-an pour les moteurs de puissance inférieure à 10 chevaux indiqué par le tableau (p. 134) et le prix de revient du cheval-an produit par une grande machine à vapeur. Supposons, par exemple, une usine de 1.000 chevaux seulement, servant à distribuer la force à distance à des consommateurs employant des moteurs de 1 à 5 chevaux, avec une durée de fonctionnement de 6.000 heures, coûtant 1.000 francs par cheval-an. La différence entre le prix de 1 cheval-an produit sur place dans ces petits moteurs et celui de 1,5 à 2 chevaux-an produits dans l'usine pour donner, avec les rendements moyens prévus plus haut, 1 cheval-an au bout de la ligne, sera de plusieurs centaines de francs et pourra servir à couvrir non seulement la somme de 40 francs qu'on vient d'indiquer comme représentant l'intérêt et l'amortissement du matériel, mais encore celui d'une ligne.

Il est bon de remarquer que les frais d'installation des moteurs sont alors plus élevés que dans l'estimation de la page 134, car ils sont plus chers et de moins bon rendement pour les petites puissances ; il faudra, en outre, ajouter les prix des réseaux secondaires; le coût de la transmission se trouvera ainsi majoré.

Mais cette majoration n'empêche pas la supériorité du moteur électrique de se conserver, car les mêmes causes grèvent le prix d'achat et l'exploitation du petit moteur à vapeur et à gaz. En ce qui concerne les prix d'achat et

d'installation d'un petit moteur et de ses accessoires, on peut les comparer d'après le tableau suivant, qui s'applique indistinctement aux moteurs à courants continus et polyphasés.

PUISSANCE en chevaux	PRIX TOTAL des moteurs électriques		PRIX PAR CHEVAL avec accessoires de 2 moteurs		
	seuls	avec pose et accessoires environ	électriques	à vapeur (locomobiles)	à gaz
	francs	francs	francs	francs	francs
1/12	250	400	4.800	»	»
1/8	250	400	3.200	»	»
1/5	300	450	2.250	»	4.000
1/2	450	650	1.300	»	2.200
1	550	800	800	1.500	1.800
2	750	1.050	525	1.300	1.300
3	850	1.250	425	1.250	1.050
4	1.000	1.550	375	1.150	1.000
5	1.100	1.550	310	1.050	900
7,5	1.300	1.950	260	900	880
10	1 600	2.400	240	800	750

Les prix indiqués pour les moteurs à gaz et à pétrole sont d'ailleurs modérés. On remarquera en passant que les puissances industrielles réalisées pour les moteurs électriques peuvent être beaucoup plus réduites que pour les autres moteurs.

Les prix de revient du cheval-an peuvent se réduire en comparant les dépenses d'énergie et les accessoires. Pour simplifier la question, nous supposerons connu le prix auquel on obtient cette énergie, sur le réseau secondaire. Par exemple, nous prendrons pour le prix du kilowatt-heure le chiffre de 0 fr. 30 consenti par les plus récentes Compagnies, qui exploitent des réseaux de distribution de force. Soit d'abord une installation de 45 chevaux dans un atelier ; on trouve les chiffres suivants pour le prix de revient du cheval-heure, à 3.000 heures par an.

	MOTEUR A GAZ à 0 fr. 25 le mètre		MOTEUR ÉLECTRIQUE à 0 fr. 30 le kilowatt-heure	
	à vide	en charge	à vide	en charge
	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Consommation horaire	800 litres	2.400 litres	0,400 k.-h.	4,500
Dépense correspondante	0,20	0,60	0,120	1,350
Huile et chiffons	0,12	0,12	0,001	0,001
Entretien	0,18	0,13	0,020	0,020
Amortissement 10 0/0 Intérêt 5 0/0	0,25	0,25	0,075	0,075
Total	0,70	1,10	0.216	1,446
Prix du cheval-heure	»	0,24	»	0,32
Prix du cheval-an pour 3.000 heures	»	735 »	»	964 »

Si l'on prend maintenant des moteurs de 1/4 de cheval, on trouve, en raisonnant de même, avec des consommations de 410 litres pour le gaz et de 300 watt-heures pour l'électricité, un prix de revient de 0 fr. 20 pour le moteur à gaz en charge, 0 fr. 12 pour le moteur électrique par heure, ce qui fait respectivement 2.400 francs et 1.440 francs par cheval-an de 3.000 heures. Dans la marche à vide la différence est encore plus sensible.

On voit ainsi qu'en supposant un prix très bas pour le gaz, l'électricité, au prix de 0 fr. 30 le kilowatt-heure, facilement obtenu, est plus économique que le gaz pour les très petits moteurs. Pour les moteurs de quelques chevaux (2 à 5), elle est un peu plus chère à pleine charge; il en est de même, *a fortiori*, relativement à la vapeur, si l'on se reporte aux chiffres qui précèdent. Mais, si l'on tient compte de ce que ces moteurs marchent à vide pendant une grande partie du temps, le prix de revient moyen à la fin de la journée est, tous comptes faits, plus faible avec le moteur électrique. Avec le gaz à 0 fr. 30 ou 0 fr. 40 le mètre cube, la supériorité est plus nette encore.

Pour donner une idée plus générale des prix de revient

du cheval-an pour les petits moteurs électriques, on les a calculés d'après les bases précédentes (en admettant 10 0/0 de frais accessoires) pour 1.000 et 3.000 heures par an, avec des prix de 0 fr. 20, 0 fr. 30 et 0 fr. 40 pour le kilovatt-heure ; le premier est facilement réalisable par un industriel pour son propre usage. Ces résultats sont résumés dans le tableau suivant :

PUISSANCE de l'installation		PRIX DU CHEVAL-AN					
		Pour 1.000 heures avec prix du kilowatt-heure de			Pour 3.000 heures avec prix du kilowatt-heure de		
Chevaux	Watts consommés	0,20	0,30	0,40	0,20	0,30	0,40
		francs	francs	francs	francs	francs	francs
1/12	100	1.056	1.188	1.320	1.580	1.980	2.375
1/8	150	790	925	1.055	1.320	1.720	2.160
1/5	250	640	780	920	1.190	1.600	2.020
1/2	550	430	535	675	920	1.280	1.510
1	1.000	352	460	570	790	1.120	1.450
3	3.000	252	400	507	730	1.060	1.390
5	4.500	250	350	448	645	940	1.140
10	8.000	215	233	391	568	830	1.950

En comparant ces chiffres aux taux forfaitaires signalés plus haut, on voit tout l'avantage qui résulte de ceux-ci pour le consommateur.

Tout ce qui précède suppose la transmission faite à faible distance.

La longueur des lignes de transmission possible se déduit, pour chaque valeur de la puissance, des tableaux des pages 127-128, relatifs aux pertes en ligne généralement admises, en égalant la dépense de transport (mesurée par l'intérêt à 5 0/0 et l'amortissement à 8 0/0 du capital d'établissement de la ligne) à l'économie annuelle réalisée par l'emploi du moteur électrique ; mais on peut encore réduire davantage le prix de l'installation en choisissant dans chaque cas particulier la perte de rendement la plus avantageuse à admettre dans la ligne. On démontre aisé-

ment que cette valeur dépend des éléments techniques et financiers de l'installation et n'est pas la même pour les diverses distances. Il n'est donc pas possible de formuler une règle pour déterminer la distance à partir de laquelle le transport électrique devient désavantageux.

Il reste seulement établi que, toutes les fois qu'il y a à faire de la *distribution* de force entre de petits consommateurs, la transmission électrique peut être beaucoup plus avantageuse que le transport de combustible ; il en sera de même *a fortiori*, si l'électricité distribuée n'est pas destinée aux usages mécaniques, puisqu'on n'aura plus à faire figurer le prix des moteurs dans le prix total de la transmission.

B. *Cas où la puissance motrice est hydraulique.* — Quand on emploie une usine hydraulique, la question se présente dans des conditions plus avantageuses encore à certains égards, en raison de l'économie du combustible dont le prix élevé majore beaucoup les valeurs du cheval-an à vapeur. C'est ainsi, par exemple, que la Compagnie de la Loire estime le prix de revient de l'énergie, dans son usine hydraulique de Saint-Victor, aux 2/3 environ de ce qu'elle lui coûte dans l'usine à vapeur de Saint-Étienne.

On admet aujourd'hui, d'après les chiffres d'expérience, que l'énergie électrique peut être produite dans les grandes usines hydro-électriques bien situées à des prix inférieurs à 100 francs le cheval-an. En admettant, par exemple, un prix d'installation de 600 francs par cheval pris aux bornes des générateurs, tout compris (chute, canaux, bâtiments, turbines, dynamos), un taux d'intérêt et d'amortissement de 8 0/0, 3 0/0 pour l'entretien, 4 0/0 pour le personnel et les frais généraux, soit en tout 15 0/0, le cheval-an électrique ressort à 90 francs. En fait, il descend souvent au-dessous de ce chiffre. Au prix de 100 francs le cheval-an, le cheval-heure produit revient à 3,3 centimes environ pour 3.000 heures et 1,6 centime pour 6.000 heures,

ce qui fait ressortir le prix du kilowatt-heure respectivement à 4,2 et 2,1 centimes.

Ces prix sont incomparablement plus faibles que ceux qu'on peut obtenir avec la vapeur, car le cheval-an pour 6.000 heures ne revient pas aisément à moins de 250 francs avec du charbon à 18 francs la tonne (tableau de la p. 134); en général il coûte 300 à 500 francs, ce qui fait ressortir le kilowatt-heure, pris au tableau de l'usine, au prix de 5 à 10 centimes.

C'est à cette différence de prix qu'il faut attribuer le succès de certaines industries électro-chimiques installées près des chutes d'eau, et le fait que l'emploi des forces naturelles est une nécessité absolue pour la plupart d'entre elles; elles ne peuvent donner lieu à des résultats fructueux qu'en utilisant de l'énergie à un prix de revient au moins cinq fois plus bas que celui des usines à vapeur.

1° *Transport simple pour un seul consommateur.* — Grâce à la différence de prix dont on vient de parler, le transport simple pour un seul consommateur ne doit plus être rejeté *a priori*, comme dans le cas de la vapeur, mais il est, au contraire, avantageux tant que les frais d'intérêt et d'amortissement des transformations, lignes, réceptrices, restent inférieurs à l'écart entre le prix de revient du cheval-vapeur (*), sur place, et celui de la puissance correspondante nécessaire à l'usine hydraulique éloignée. Cette comparaison ne se prête pas à des chiffres absolus: on peut dire seulement que la transmission simple est en général avantageuse, dès que le prix d'installation de la

(*) Il est intéressant de remarquer que les frais d'exploitation se répartissent de façons fort différentes (pour 3.000 heures):

	Intérêt et amortissement.	Entretien et combustible, etc.
Installation à vapeur............	23 0/0	77 0/0
Transmission hydro-électrique....	80 0/0	20 0/0

puissance hydraulique ne dépasse pas 500 francs par cheval, et la distance de transmission 25 kilomètres, et que la puissance atteint au moins 500 chevaux. En dehors de ces limites, c'est une question d'espèce, qui dépendra encore de la durée de fonctionnement, du prix du charbon, de la puissance, etc.

2° *Cas d'une distribution entre petits consommateurs.* — Le prix de revient de l'énergie distribuée se trouve grevé des frais de distribution et peut atteindre le triple ou le quadruple de sa valeur au départ ; mais, malgré cela, il est moins élevé que dans le cas de la distribution par une usine centrale à vapeur. Les mêmes raisonnements subsistent donc *a fortiori* pour montrer la supériorité économique de la distribution électrique aux petits moteurs. On peut donc conclure que, lorsque la force doit être distribuée chez de petits consommateurs, presque toutes les chutes d'eau en montagne peuvent donner des résultats économiquement avantageux dans un rayon de 25 kilomètres, pourvu que la spéculation ne vienne pas exagérer le prix d'achat de la chute d'eau.

Un intéressant exemple de transport d'énergie économique est fourni par la transmission Niagara-Buffalo citée plus haut. Le prix d'installation *complète* de l'usine hydro-électrique du Niagara fut estimé à 25 millions pour les 15.000 premiers chevaux, d'où 1.660 francs par cheval ; après l'agrandissement, on l'évalue à 35 millions pour les 50.000 chevaux, ou 700 francs seulement par cheval. Ce faible prix s'explique par les conditions très favorables du captage de l'eau. En admettant 8 0/0 d'intérêt et d'amortissement, et 3 0/0 de frais généraux et entretien, le prix du cheval-an électrique au Niagara ressortirait ainsi à 77 francs. Ces chiffres permettent d'évaluer le prix de revient à Buffalo.

On peut estimer que le rendement *moyen* est de 0,90 pour les génératrices et la ligne, et 95 0/0 pour chaque

transformation. Ces chiffres sont choisis inférieurs aux maxima possibles, pour tenir compte de la variation des charges ; on arrive ainsi au rendement moyen de 0,73. Le prix de la ligne et des transformateurs est d'environ 75 francs par cheval et disparaît pratiquement dans le chiffre final. On peut donc prendre simplement comme prix de revient du cheval-an à Buffalo,

$$77 : 0,73 = 104 \text{ francs},$$

prix qui rend très rémunérateur le forfait de 180 francs consenti par les tramways de Buffalo. D'autre part, dans cette ville, le cheval-vapeur produit dans des machines très puissantes par du charbon à 8 francs la tonne, est estimé à 165 francs pour une marche quotidienne de onze heures et 255 francs pour un service journalier de vingt-quatre heures. Il resterait donc une marge suffisante pour justifier l'emploi de l'énergie électrique, même en tenant compte des frais supplémentaires de conversion du courant en courant continu.

C. *Cas d'une distribution de la force motrice par les réseaux d'éclairage.* — Les stations centrales qui vendent le courant à la fois pour l'éclairage et pour la force se sont trouvées jusqu'ici dans des conditions peu différentes de celles des stations destinées à la distribution de la force seule, parce qu'elles ont un moins bon coefficient d'utilisation, mais que, par contre, elles ont pu demander pour l'éclairage des prix plus rémunérateurs que pour la force. Grâce à cette circonstance, et à l'intérêt économique qu'elles ont à uniformiser les consommations et à faire travailler leurs usines pendant le jour aussi bien que pendant la nuit, elles ont pu consentir pour la force motrice des tarifs réduits, ne leur donnant presque aucun bénéfice. Par exemple, presque toutes les usines allemandes ont aujourd'hui deux tarifs, l'un de 0 fr. 80 à 1 fr. 20 par

kilowatt-heure pour la lumière, l'autre de 0 fr. 18 à 0 fr. 40, suivant les villes, pour la force.

En France, nous sommes encore moins avancés ; l'énergie pour les moteurs est vendue dans beaucoup de villes à moitié prix, 0 fr. 40 à 0 fr. 60 par kilowatt-heure au lieu de 0 fr. 90 à 1 fr. 20 ; dans les concessions récentes, on l'a même abaissée à 0 fr. 30 et 0 fr. 40 ; mais on doit espérer réduire encore ce prix et l'amener à 0 fr. 25 (*). Le tableau précédent montre la réduction très sensible qui en résultera pour les applications de la force motrice.

Cette question de l'abaissement de prix de revient dépend de facteurs trop complexes pour pouvoir être traitée ici ; qu'il suffise de dire que ce qui le grève particulièrement, ce n'est pas la dépense de charbon (1 kilogramme pour 400 à 500 watts distribués), qui n'est que de 8 0/0 en moyenne dans les usines allemandes, ni même les dépenses d'exploitation qui sont d'environ 25 0/0, mais surtout les frais d'intérêt et d'amortissement du matériel générateur et de la canalisation, qui forment un capital immobilisé très considérable, eu égard à la puissance utilisée (**). Ces frais supplémentaires dépassent en général de beaucoup ceux mêmes de la production de l'énergie à l'usine et expliquent l'écart très considérable entre le prix de vente et le prix de production donnés ci-dessus. La réduction ne pourra être obtenue que par le choix d'excellentes dispositions techniques et par une durée de concession suffisante. En attendant, les prix actuels permettent dès aujourd'hui un emploi très avantageux de petits moteurs dans une foule d'industries, et

(*) Déjà à Berlin, le prix de revient, amortissement et intérêt compris, s'abaisse à 0 fr. 25.

(**) Dans les grandes villes allemandes, grâce aux statistiques que nous n'avons pas en France, on estime à 1.500 francs par kilowatt distribué le prix de canalisations immobilisées, et à 1.000 francs celui des usines.

c'est surtout à l'inertie des intéressés qu'il faut attribu[er] la lenteur de la diffusion de ce système chez les ouvri[ers] et les petits industriels. L'exemple des grandes vill[es] progressistes de Lyon et de Saint-Étienne, oùl a distrib[u]tion de la force donne déjà de si admirables résulta[ts] entraînera sans aucun doute le reste des villes françai[ses] dans cette direction pleine de promesses.

VI. — Conclusions. — Résultats économiques et socia[ux] à attendre de la diffusion des distributions électriques.

Il résulte des considérations précédentes que la trans[-]mission électrique est aujourd'hui possible au point de vu[e] purement technique jusqu'à des distances considérable[s] qui peuvent dépasser 200 kilomètres, et que le rayo[n] en est limité seulement par le prix de revient. A ce poin[t] de vue, ce rayon d'action est restreint provisoiremen[t] entre 25 et 50 kilomètres et dépend des circonstances ; il est plus grand s'il s'agit d'utiliser le courant directement par exemple pour l'éclairage, que s'il s'agit de l'employer aux usages mécaniques ; il varie en raison inverse du prix initial de l'énergie au point de production. Pour une transmission de force à grande distance, il est d'autant plus grand que l'installation est plus importante, la puissance utilisée plus morcelée et la durée de marche plus considérable.

On peut, grâce à ces transmissions, tirer un parti croissant des sources naturelles d'énergie, soit dans les villes voisines, soit dans les districts ruraux qui les entourent.

L'établissement de distributions d'énergie urbaines est rendu aujourd'hui nécessaire par le fait que, dans les énormes agglomérations où la population tend à se rassembler, les rapports très complexes de la vie industrielle et sociale créent des besoins de plus en plus grands

l'énergie mécanique pour le transport, pour les besoins hygiéniques et pour différentes industries petites et grandes. Au début, on avait répondu à ces besoins en installant de divers côtés, chez le particulier, des moteurs indépendants ; mais cette méthode est, comme on l'a vu, trop peu économique pour être accessible aux artisans modestes.

De même qu'on remplace partout l'alimentation d'eau privée par une alimentation en commun, on a donc été amené à étudier de même des procédés de distribution d'énergie en commun. Le succès des immenses réseaux d'eau sous pression établis dans certaines villes, notamment à Londres et à Genève, a été un premier pas fait dans cette voie ; à Paris, on a eu recours à l'air comprimé, et cette expérience a prouvé tout au moins l'intérêt considérable qu'on accorde aujourd'hui à cette question de la distribution de l'énergie motrice.

Celle-ci est résolue avec beaucoup plus d'efficacité par les distributions d'électricité, qui seront le seul mode de distribution employé dans l'avenir ; déjà la ville où la distribution hydraulique a atteint le plus haut degré de perfection et d'économie, Genève, a recours aujourd'hui à des installations électriques pour répondre aux demandes croissantes d'énergie. On a donné plus haut quelques statistiques dans lesquelles sont comprises ces installations urbaines.

L'exemple de Genève, Neuchâtel, la Chaux-de-Fonds, Le Locle, Lucerne, Zurich, Heilbronn, Buffalo, etc., montre tout l'intérêt qu'il peut y avoir pour ces distributions urbaines, à aller chercher au loin dans des chutes d'eau l'énergie nécessaire à leur alimentation.

Un remarquable exemple de cette utilisation électrique d'une rivière de dimensions ordinaires par les villes voisines est fourni par les installations de la Reuss. Cette rivière, qui prend sa source au fond du val de Travers, à

Saint-Sulpice, suit d'abord la plaine étroite qui remplit l fond de cette vallée, et tombe ensuite de 290 mètres, p bonds successifs, jusqu'au lac de Neuchâtel. Le débit l'étiage moyen est de 1.500 litres environ par second ce qui représente une puissance totale de 6.000 cheva en chiffres ronds.

Depuis quelques années, cette chute est concédée p tronçons aux communes voisines. Les communes du v de Travers possèdent le premier tronçon, de 17 mètres chute, qu'elles utilisent pour une distribution d'énerg par courant continu en série à 10.000 volts. Le seco tronçon, de 52^{m},50, appartient à la Chaux-de-Fond qui l'emploie à élever à 500 mètres l'eau de source q lui est nécessaire pour sa distribution d'eau. La troisièm chute, de 91 mètres de haut, appartient à trois commune la Chaux-de-Fonds, Le Locle et Neuchâtel. Les de premières emploient 1.600 (dans l'avenir 3.600) cheva pour une distribution d'énergie électrique (lumière travail mécanique) par courants continus en série 14.000 volts; la dernière utilisera sa part pour une é vation d'eau de source à 90 mètres. Le tronçon suivan de 56 mètres de chute, appartient à Neuchâtel seul, q en prend actuellement 1.200 chevaux pour une distribu tion électrique d'éclairage et de force par courants alter natifs. Il ne reste qu'un dernier petit tronçon d 14 mètres non utilisé, mais qui le sera certainement u jour.

Dans les localités rurales l'opportunité des distributio d'électricité s'est faite encore moins sentir, parce que le besoins y sont plus simples que dans les villes; mais o comprendra bientôt l'utilité capitale qu'elles présentent, à savoir la distribution de la force à bon marché, surtout dans les pays pauvres que sont les pays de montagne. On a vu, en effet, que dans le cas d'une véritable distribution à des moteurs nombreux et peu puissants la transmission

lectrique en grand est généralement très économique par apport aux machines à vapeur, et que son rayon d'action ratique peut atteindre dès aujourd'hui 30 à 50 kilomètres, e qui permet de couvrir par des lignes rayonnant du entre un district de 2.000 à 5.000 kilomètres carrés. Ces ésultats font entrevoir la possibilité de créer artificiellement, dans un avenir plus ou moins rapproché, des régions ndustrielles nouvelles ou de développer celles qui existent léjà. Certaines exploitations minières françaises, situées lans des régions montagneuses, se sont déjà préoccupées le distribuer par fil électrique, dans les localités environnantes, une partie de l'énergie de leur houille, dont le ransport par charrois est très onéreux et trouve peu de lébouchés. Les charbons maigres ou anthraciteux, qui se prêtent à la production du gaz pauvre, sont très répandus lans certaines régions de la France, et leur exploitation, ui a été négligée ou peu fructueuse, par suite de la concurrence de combustibles plus riches, pourrait prendre un grand développement ; l'on établirait ainsi sur place des usines de production d'électricité.

Cette application serait bien plus fructueuse encore, si l'on arrivait un jour à transformer directement l'énergie contenue dans le charbon en énergie électrique, sans passer par l'intermédiaire d'une machine. Actuellement toute la perte provient de ce qu'on transforme d'abord l'énergie en chaleur, puis en travail mécanique, puis en électricité, faute d'un procédé plus économique pour convertir la chaleur en électricité ; on est en droit d'espérer que les générateurs thermo-électriques actuels seront perfectionnés et même qu'on parviendra, dans un avenir plus ou moins éloigné, à transformer directement en électricité l'énergie du charbon, à l'aide de piles électriques dans lesquelles le corps attaqué chimiquement sera, non plus comme aujourd'hui un produit industriel cher, tel que le zinc, le fer ou le cuivre, mais bien le charbon, conve-

nablement préparé, au besoin, en briquettes homogènes et conductrices par une trituration et une cuisson préalables, ou même transformé d'abord en gaz combustible.

C'est là le plus important problème à résoudre pour l'industrie moderne et celui dont la solution peut produire la plus grave révolution économique ; en effet, le jour où l'on disposerait d'un moyen permettant de transformer, ne fût-ce que 50 ou 60 0/0 de l'énergie du charbon directement en énergie électrique, la machine à vapeur serait définitivement remplacée par le moteur électrique, et la chaudière par une batterie de piles produisant l'énergie à un prix trois ou quatre fois moindre qu'actuellement. Ces conditions nouvelles modifieraient complètement les évaluations données plus haut des avantages du transport de la force par l'électricité comparées au transport du charbon.

Mais ce n'est là encore qu'un rêve d'avenir, et les réalités du présent suffisent pour établir déjà la haute utilité économique des distributions d'électricité.

Actuellement la principale objection qu'on peut faire en France à l'utilisation des houillères (et quelquefois même des chutes d'eau), c'est que la clientèle que de semblables entreprises trouvent aujourd'hui dans leur voisinage est trop restreinte ; mais elle s'accroîtrait sans doute rapidement si, à l'exemple des Américains qui ont construit dans des contrées inhabitées des voies ferrées et des villes qui ont attiré les émigrants, de puissantes sociétés financières prenaient l'initiative de créer dans certaines régions et particulièrement dans nos pays de montagnes, pauvres jusqu'ici, des moyens de communication et des centres industriels où la présence de la force à bas prix amènerait de nombreux artisans à s'établir.

Au point de vue économique, la vie étant moins chère que dans les grandes villes, le prix de la main-d'œuvre se trouverait notablement réduit et pourrait s'abaisser à des chiffres voisins de ceux de la main-d'œuvre des pays voi-

ins. En Suisse par exemple, ce bas prix provient surtout le ce que les artisans vivent dans les localités rurales, et a plupart des grandes installations électriques citées plus haut, La Goule, La Sihl, Aarburg, Wynau, n'ont pas l'autre but que de distribuer la force aux petits ateliers l'horlogerie des bourgs et villages. On pourrait obtenir en France des résultats analogues et rendre ainsi à notre pays, dans une certaine mesure, la possibilité d'exporter bien des produits de petite industrie, dans le prix desquels cependant la force motrice ne joue qu'un rôle en apparence insignifiant.

L'utilité sociale de ces distributions rurales n'est pas moins évidente que leur utilité économique.

Notre société actuelle souffre d'un état de choses créé par le machinisme depuis un siècle : la concentration des ouvriers dans des usines, formant de véritables casernes, et la congestion des villes au détriment des campagnes, qui s'appauvrissent peu à peu. Les inconvénients multiples qui en résultent sont trop connus pour qu'il y ait lieu de les rappeler ici. Le création des districts manufacturiers dont on vient de parler, en appelant les ouvriers dans des pays peu habités et en offrant à chacun la possibilité d'établir un atelier familial, produirait une réaction utile. Elle offrirait à chaque artisan la possibilité d'une situation indépendante et assurée, qui lui fait si complètement défaut aujourd'hui ; elle lui permettrait de vivre d'une existence plus large et plus hygiénique, dans l'atmosphère pure de la campagne, au lieu de l'air enfumé et contaminé qu'il respire dans les fabriques des grandes villes.

Considérée à ce point de vue, qui n'est peut-être pas chimérique, la transmission électrique de l'énergie doit être regardée comme un élément d'amélioration sociale de premier ordre dans les sociétés modernes.

ANNEXE N° 1.

STATISTIQUE DES DISTRIBUTIONS D'ÉNERGIE EN FRANCE.

D'après une statistique de *l'Industrie électrique*, le nombre total des stations de distribuiion d'énergie en France, en 1896, était de 438, dont 378 donnaient les évaluations suivantes :

Force motrice	Nombre de stations.	Puissance motrice en chevaux.
Hydraulique	182	11.665
Hydraulique et à vapeur	48	7.422
Vapeur	128	26.802
A gaz pauvre	6	206
A gaz de ville	13	1.605
A pétrole	1	12
Total	378	47.712

Au 1er janvier 1898, le nombre total relevé atteint 448, dont 407 se décomposent comme il suit :

Force motrice	Nombre de stations	Puissance en chevaux
Hydraulique	196	16.826
Hydraulique et à vapeur	44	7.267
Vapeur	142	28.397
A gaz pauvre	9	351
A gaz de ville	15	1.757
A pétrole	1	12,5
Total	407	54.610,5

Les stations à force hydraulique entrent donc pour moitié dans le nombre total des stations et pour près d'un tiers dans la puissance totale. La plupart de ces installations sont utilisées pour l'éclairage public et privé.

DATE de mise en service	NOM DE LA STATION	FORCE MOTRICE utilisée (Chevaux)	NOMBRE D'UNITÉS génératrices	SYSTÈME DE DISTRIBUTION	MAXIMA prévue (Volts)	des LIGNES de transport (Kilom.)	USAGES
1888	Béconne..........	100	3 turbines.	Courants alternatifs simples et transformateurs.	2.000	5 et 15	Eclairage des villes de Dieulefit et Valréas.
1890	Domène..........	300	1 turbine.	Transmission directe à courant continu.	2.850	5	Transport de force pour une fabrique.
1890	Oyonnax-Bellegarde..........	320	2 turbines.	Distrib. par courant continu en série.	4.000	8	Distribution de force industrielle
1893	Saint-Victor-sur-Loire..........	900	3 turbines et 2 machines à vapeur.	Distribution par courants triphasés à 4 fils avec transformation à l'arrivée.	5.200	28 et 40	Distribution d'éclairage et de force dans Saint-Etienne et plusieurs communes environnantes; longueur totale du réseau, 100 kilomètres.
	Cie électrique de la Loire après développement ultérieur..........	2.500 ou 5.000	2 stations hydrauliques et 1 à vapeur.				
1894	Romans..........	»	»	»	»	»	»
1895	Chapareillan......	350	»	Courants alternatifs simples et transformateurs.	3.000	18	Distribution d'éclairage et de force à Chambéry et dans les communes voisines.
1895	Ardières..........	200	2 turbines.	Courants alternatifs simples avec transformateur-élévateur.	3.500 et 10.500	14, 20, 24	Eclairage de plusieurs villes.
1895	Carcassonne......	200	2 turbines.	Courants alternatifs simples.	2.000	6	Eclairage et force motrice.
1896	Uriage..........	350	2 turbines.	»	3.200	6	»
1896	Lourdes..........	60	»	Courants alternatifs diphasés.	3.000	5	Distribution d'éclairage et transport de force à 2 moteurs de 10 chevaux.
1896	Le Monteil-Bourganeuf..........	450	2 turbines.	Courants triphasés avec double transformation, une partie de l'énergie est convertie par le système Hutin-Leblanc en courant continu.	7.000	14	Eclairage de la ville de Bourganeuf et production de travail mécanique dans une papeterie.
1896	Saint-Ouen.......	700	2 turbines à vapeur.	Courants triphasés avec double transformation, convertis par le même procédé.	6.000	6	Eclairage de Paris (secteur de la Société de la transmission de la force) par stations réceptrices à la Chapelle et au Landy et prochainement au boulevard Barbès.
1896	Busigny.........	60	2 machines à vapeur.	Courants diphasés avec double transformation, convertis à l'arrivée en courant continu.	6.000	10	Distribution d'éclairage au Cateau.
1896	Lyon...........	300 plus tard 12.000 plus tard enfin 20.000	Turbines.	Courants triphasés	3.500	»	Distribution de force à Lyon et dans sa banlieue.

ANNEXE N° 2 (*suite*). — PRINCIPALES TRANSMISSIONS D'ÉNERGIE A GRANDE DISTANCE EN FRANCE.

DATE de mise en service	NOM DE LA STATION	NATURE de la FORCE motrice	PUISSANCE DES GÉNÉRATRICES en chevaux		SYSTÈME DE DISTRIBUTION	TENSION MAXIMA prévue (Volts)	LONGUEUR des LIGNES de transport (Kilom.)	USAGES
			Totale	Par unités				
1896	Caussade (Tarn-et-Garonne)......	Vapeur.	30	20 et 10	Courants triphasés avec transformation.	5.000	7	Éclairage et pompe à eau.
1897	Lancey (Isère) ...	Turbines	250 (plus tard) 5.000	250	Courant monophasé avec double transformation.	12.000	»	Distribution d'éclairage dans 50 villages de la vallée du Graisivaudan.
1897	Engins (Isère)....	Id.	500	500	Id.	12.000	30	Distribution d'éclairage et de force à Voiron et dans les villages environnants.
1897	Beuvry..........	Vapeur.	150	50	Courant continu.	625	26	Halage électrique des bateaux sur les canaux d'Aire et de la Deûle.
1897	Bauvin..........	Id.	150	50	Id.	625		
1897	Chevenoz (Haute-Savoie)........	Turbines	1.500	350	Courants triphasés avec transformation.	5.200	12	Éclairage d'Évian-les-Bains et force motrice.
1897	Allevard-les-Bains	Id.	200	100	Courant monophasé avec double transformation.	2.500	»	Éclairage d'Allevard.

ANNEXE N° 3.

STATISTIQUE DES DISTRIBUTIONS ÉLECTRIQUES EN SUISSE (*).

ANNÉES	1890	1894	1896
Nombre de distributions d'éclairage et distributions d'éclairage et de force	351	677	866
Nombre des transmissions et distributions de force	25	77	121
Nombre des génératrices et moteurs	531	1.404	2.553
Puissance en kilowatts (1)	7.060	28.831	58.485
Nombre des lampes à incandescence	51.255	145.984	212.568
— — à arc	845	2.126	2.714
Nombre des batteries d'accumulateurs	41	161	248

(1) Le kilowatt est égal à 1,36 cheval.

Les distributions d'éclairage et les distributions ou transmissions de force installées en 1895 se décomposent comme il suit au point de vue du mode de transmission adopté :

STATISTIQUE DES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES ÉTABLIES EN SUISSE EN 1895.

		NOMBRE des installations	PROPORTION p. 100	NOMBRE des machines et moteurs	PUISSANCE en kilowatts	PROPORTION p. 100
Lumière.	Courants continus	163	81,5	296	2.808	11,4
	Courants alternatifs simples	21	9,6	232	5.714	33,4
	Courants alternatifs diphasés	4	2,2	90	6.389	37,4
	Courants alternatifs triphasés	2	6,8	30	2.169	32,8
		190		648	17.080	
Force.	Courants continus	27	62,8	162	6.519	54,9
	Courants alternatifs simples	1	2,3	4	145	1,2
	Courants alternatifs diphasés	1	2,3	20	602	5,0
	Courants alternatifs triphasés	14	32,6	293	4.608	38,9
		43		479	11.874	

(*) Les chiffres indiquent l'ensemble des installations au commencement de chaque année.

ANNEXE N° 4. — P[illegible]

DATE de mise EN SERVICE	NOM DE LA STATION	FORCE MOTRICE disponible (chevaux)	FORCE MOTRICE distribuée (chevaux)	NOM[illegible] d'[illegible] génér[illegible]
1892	Albino (Le Lerio)	»	975	3 tu[illegible]
1892	Biberist (Soleure)	»	365	Turb[illegible]
1893	Dorenberg (sur l'Emme)	»	1.200	2 tur[illegible]
1894	Davos (Le Sertig)	430	200	3 id.
1894	La Goule (sur le Doubs)	4.000	1.500	3 [illegible]
1894	Aarau (sur l'Aar)	800	»	3 [illegible]
1894	Zufikon-Bremgarten (sur la Reuss)	»	1.300	4 [illegible]
1895	Vuargny-Aigle	»	1.000	5 id.
1095	Gryon	»	390	3 id.
1896	Chèvres (sur le Rhône)	12.000	4.800	4 id.
1896	Val de Travers (sur la Reuss)	1.250	750	3 id.
1896	Combe-Garrot (sur la Reuss)	3.600	1.600	4 id.
1896	Wynau (sur l'Aar)	»	3.000	5 id.
1896	Olten-Aarburg (sur l'Aar)	2.500	1.800	6 id.
1896	Rathausen (sur la Reuss)	1.500	900	3 id.
1896	Sihl (sur la Sihl)	1.600	1.200	4 id.
1896	Les Clees (sur la Reuss)	1.500	1.200	5 id.
1896	Rheinfelden (sur le Rhin)	»	15.000	20 id.

…ANSPORTS D'ÉNERGIE EN SUISSE.

SYSTÈME DE DISTRIBUTION	TENSION MAXIMA prévue en volts	LONGUEUR DES LIGNES de transport en kilomètres	USAGES
»	1.500	3,5	720 métiers de filature.
…s Thury en tension.	6.800	28	Papeterie.
…ts alternatifs monophasés, trans-…mé à 1.000 volts, puis à 120 dans … sous-stations.	2.000	5,5	Distribution d'éclairage et de force dans la ville de Lucerne et ses environs.
…ynamos, courants alternatifs, … transformateurs.	3.360	3	Eclairage.
…ants alternatifs monophasés. Dis-…bution en parallele; transforma-…ion dans les sous-stations.	5.500	(34)	Distribution d'éclairage et de force dans les localités environnantes (17 communes) par 4 lignes rayonnantes. — A Saint-Imier, le courant alternatif est transformé en courant continu.
…ants diphasés à 4 fils. Distribution … parallèles, transformation dans … sous-stations et dans les maisons.	2.000	»	Distribution de force dans la ville d'Aarau par 3 canalisations principales.
…ants triphasés transformés à 200 … à 120 volts, transformés à Woffren … en courants continus.	5.000	20 et 7	Transport de force pour 2 usines privées de Zurich de 350 et 500 chevaux et la station d'éclairage de Vollieu (80 chevaux).
…ant continu en série et courant …lternatif simple.	3.000 et 5.000	20	
…ant alternatif simple.	3.000	5	
…ants alternatifs monophasés pour l'éclairage. Biphasés pour la force motrice (4 fils).	3.000 et 5.000	6	Distribution souterraine à 3.000 volts pour la ville de Genève pour l'éclairage public et privé et pour la force motrice et les tramways. 2 lignes aériennes et 7.000 volts pour la distribution de l'éclairage et de la force dans les villages environnants.
…ribution en série — courant con-…nu. Transformateurs et batteries d'accumulateurs dans les localités.	10.400	35	Distribution d'éclairage et de force dans les communes du Val de Travers.
…ribution en série — courant con-…nu. Transformation dans deux …andes stations.	14.000	12 et 20 (48)	Distribution d'éclairage et de force motrice dans les villes de La Chaux-de-Fonds et du Locle et les communes avoisinantes.
…ants triphasés distribués en paral-…le et transformés à 500 et 120 volts.	8.000	12	Distribution d'éclairage et de force dans les localités avoisinantes.
…ants diphasés à 4 fils. Distribu-…on en parallèle, transformation …ans des sous-stations et dans les …aisons.	5.000	(70)	Distribution d'éclairage et de force dans les communes d'Aarburg-Schonemverd-Olten, Rolleken-Uerbheim, Zofingen, Brittnau. La plus grande partie de l'énergie est employée pour les usages mécaniques.
…ants diphasés à 3 fils avec ou sans …ansformation dans des sous-stations.	3.300	3 (10,5)	Distribution de force dans Lucerne et les communes environnantes.
…ants diphasés à 4 fils, transformés …ans des sous-stations en courants …phasés à 240 volts pour la force …t 120 pour l'éclairage.	5.000	18 et 9	Distribution d'éclairage et de force dans 6 centres industriels de la rive gauche du lac de Zurich et dans 4 villages de la montagne. 2 canalisations à 6 conducteurs chacune (4 pour la force, 2 pour l'éclairage) ayant respectivement comme longueurs 18 et 9 kilomètres. Longueur totale du réseau primaire, 42 kilomètres. Surface desservie par le réseau secondaire, 22 kilomètres carrés.
…ants alternatifs triphasés pour la force et monophasés pour l'éclairage transformés dans des sous-stations. Une partie convertie en courant continu pour les tramways.	4.000	9,5	Distribution d'éclairage et de force dans la ville de Neuchâtel.
…ourants triphasés.	6.800	20	Distribution d'éclairage et de force dans un rayon de 20 kilomètres.

…es longueurs entre parenthèses indiquent les développements totaux des lignes.

ANNEXE N° 4 (*suite*). — PRINCIPAUX TRANSPORTS D'ÉNERGIE EN SUISSE (*suite*).

DATE de mise en SERVICE	NOM DE LA STATION	NATURE de la FORCE motrice	PUISSANCE DES GÉNÉRATRICES en chevaux		SYSTÈME DE DISTRIBUTION	TENSION MAXIMA prévue en volts	LONGUEUR des LIGNES de transports en kilom.	USAGES
			Totale	Par unité				
1896	Aubonne............	3 turbines.	400	300	Courants triphasés avec transformation.	3.000	4	Tramways et éclairage.
1897	Montboron (canton de Fribourg)..........	3 id.	4.000	950	Courant alternatif monophasé avec transformation et courant continu.	15.000	60	Distribution de l'énergie dans plus de 30 villages pour éclairage et force motrice; 2 lignes de tramways.
1897	Burglauer............	2 id.	2.130	1.050	Courants triphasés.	7.000	13	Distribution de la force motrice sur les chantiers du chemin de fer de la Jungfrau.
	Lauterbrunen.........	Turbines.	9.000	En construction	Id.	7.000	13	Distribution de la force pour l'industrie et l'éclairage.
	Burgdorf (canton de Berne).............	Id.	4.000	En construction	»	»	»	Traction sur le chemin de fer de Burgdorf-Thun. Distribution de force aux communes avoisinantes et jusqu'à Berne.

ANNEXE N° 5. — PRINCIPALES USINES ÉLECTROCHIMIQUES.

	EMPLACEMENT des USINES	PUISSANCE TOTALE en chevaux — dispo-nible	PUISSANCE TOTALE en chevaux — utilisée	NOM DES COMPAGNIES	PRODUITS	DATES
	Saint-Jean	6.000	8.000	Soc. d'Electrochimie française.	Chlorate.	1896
	Froges	»	200	»	Carbure et aluminium.	»
	Saint-Michel	»	2.000	Soc. industrielle de l'Aluminium	Aluminium.	1890
	La Praz	10.000	»	Société electro-métallurgique française	—	1896
	Chedde	»	3.200	Société des Forces motrices de l'Arve	Aluminium et carbure.	—
	N.-D. de Briançon	»	3.000	Soc. des Carbures métalliques.	Carbure.	1897
	Saint-Béron	»	1.800	Société du gaz Acétylène	—	—
....	La Bathie	»	1.000	Maison Robert	—	—
		»	1.200	Cie Internationale du Carborundum	Carborundum.	—
	Epierre	»	1.200	Rochette frères	Carbure.	—
	Bellegarde	»	600	Cie des carbures et carbonates de chaux	—	—
	Livet et Gavet	5.000	1.000	Société des Soudières électrolytiques	Soude.	—
	Séchilienne	»	800	Cie française des Carbures	Carbure.	—
	Monthey	»	1.520	Soc. des usines de Monthey	—	—
	Giffre	8.500	»	Société du Giffre	—	en construct.
ie...	Hallein	»	5.000	Consortium electrochemischer Industrien	Alcalis et hypochlorites.	»
	Prague	»	»	»	Carborundum.	»
	Neuhausen	»	4.000	Aluminiumindustrie-Actiengesellschaft	Aluminium.	1889
....	Vallorbes	»	3.500	Société d'Electrochimie	Chlorate de potasse.	1890
	Vernier	2.000	»	Société génevoise d'Electricité et de produits chimiques	Carbure.	1897
	Vernayaz	6.000	3.000	Soc. industrielle du Valais	—	—
	Mansboe	4.000	3.500	Superphosphat Actiengesellschaft, Stockholm	Chlorate de potasse.	—
....	Stjernfors	»	75	»	Alcali et hypochlorite.	—
	Saint-Helens	»	1.100	The Electrochemical C°	—	1895
terre.	Foyers	4.000	2.100	British Aluminium C°	Aluminium.	1897
				Acétylène illuminating C°	Carbure de calcium.	—
ge...	Sarpfos	5.000	»	Kellner Partington Pulp-Paper C°	Alcalis et chlore ou aluminium.	—
e....	Kalakant	»	580	Kedabeg Copper C°	Cuivre.	—
			1.000	Electro-Gas C° of U. S. A.	Carbure de calcium.	—
			1.000	American Carborundum C°	Carborundum.	—
	Niagara	120.000	500	Chemical Construction C°	Chlorate de potasse.	—
			800	Niagara electro-chemical C°	Sodium et peroxyde.	—
			1.600	Pittsburg Reduction C°	Aluminium.	1888
-Unis.	Montana	10.000	»	Boston and Montana Smelting C°	Cuivre.	—
	Rumford	»	1.100	Electro-chemical C° of U. S. A.	Alcalis et hypochlorite cuivre.	1892
	Bitterfeld	»	2.500	Electrochemische Werke	Potasse et hypochlorite.	1894
	Francfort	»	400	Electron-Aktiengesellschaft	—	1892
agne.	Berlin	»	»	ElectrochemischeAktiengesellschaft	Potasse.	»
	Leopoldshall	»	»	Vereinigte chemische Fabriken.	Carbonate de potasse et chlore.	1892
	Osternienburg	»	»	Solvay Ammonia soda C°	Alcali et hypochlorite.	1895

ANNEXE N° 6. — PRINCIPAUX TR

DATE de mise EN SERVICE	NOM DE LA STATION	NATURE de la FORCE MOTRICE	PUISSAN[CE] des GÉNÉRATRICES EN C[…] Totale
1891	Telluride (Col.)	Turbines.	1.360
1893	Hartford (Conn.)	Id.	300
1893	Redlands (Cal.)	Roues Pelton.	500
1894	Taftville (Conn.)	Turbines.	500
1894	Concord (N.-H.)	Roues hydrauliques.	590
1894	Saint-Hyacinthe (Canada)	Turbines.	450
1894	Santa Rosalia (Mex.)	Vapeur.	60
1894	Traverse City (Mich.)	Hydraulique.	120
1894	Bel-Air (Mich.)	Id.	60
1895	Trenton (Canada)	Id.	300
1895	Portland (Or.)	Turbines.	1.350
1895	Silverton (Col.)	Roues Pelton.	300
1895	Park City (Utah)	Hydraulique.	150
»	Anderson (S. C.)	Id.	150
1895	Montmorency (Can.)	Turbines.	2.000
1895	Folsom-Sacramento (Cal.)	Id.	3.000
1895	San Antonio (Pomona) (Cal.)	Hydraulique.	150
1895	Pelzer (S. C.)	Id.	2 250
1895	Canandaigua (Y.)	Id.	100
1895	Pitchburg (Mass.)	Id.	400
1895	Deering (Maine)	Id.	600
1896	Fresno (Cal.)	Roues Pelton.	1.050
1896	Niagara à Buffalo	Hydraulique.	»
1896	Big Creek (Santa Cruz)	Roues Pelton.	»
1897	Pueblo (Mexique)	Hydraulique.	360
1897	Stockton (Cal.)	Id.	150
1897	Ameca (Mexique)	Turbines.	360
»	Nevada County	Roues Pelton.	740
1896	Salt-Lake-City (Utah)	Id.	2.447
1896	Ogontz (près Philadelphie)	Vapeur.	2.700
1897	Columbus	Id.	1.050
»	Bakersfield (Californie)	Id.	900
1897	Minneapolis	Turbines.	6.000
1897	Chambly-Montréal (Canada)	Id.	16.000
1897	Trois-Rivières (Québec)	Id.	480
1897	Lachine-Rapids, à Montréal (Canada)	Id.	9.000
1897	Ogden-River, à Salt-Lake-City	Id.	7.500
1897	Blue-Lakes	Id.	1.250
1897	Mecanicville-Schenectady	Id.	5.250
1897	Apple-River.	Id.	250
1897	Newscatle.	Roues Pelton	800
1897	Saint-Anthony	Turbines.	2.800
1897	Montana	Id.	3.000
»	Telluride (en projet)	Id.	750
»	Bear-Creek (en projet)	Id.	3.000
»	Redlands (en projet)	Id.	3.000

...DANS L'AMÉRIQUE DU NORD.

...DE DISTRIBUTION	TENSION MAXIMA prévue en volts	LONGUEUR DES LIGNES de transport en kilomètres	USAGES
...atifs simples.	5.000	24	Transport de force pour une usine.
...hasés.	7.000	17,7	Transport de force.
	2.500	12	Distribution de force et de lumière.
	3.000	7,2	Transport de force.
	2.500	6,4	Distribution de force et de lumière.
	2.500	8	— — —
	2.500	15,3	— — —
	2.500	8	— — —
:	2.200	4,8	— — —
	10.000	2,1	— — —
	6.000	22,5	Distribution de force et de lumière : alimentation de tramways.
	2.500	4,8	Distribution de force dans une mine.
	2.500	8,8	— de force et de lumière.
	5.000	11,2	— — —
...hasés.	5.700	13	— — —
...hasés avec transforma- ...teurs transformés et con- ...tivée.	11.000	38	Éclairage et force distribués à Sacramento ; alimentation des réseaux de tramways.
...phasés avec double ...on et distribution à 1.000 ...ts.	10.000	24	Distribution d'éclairage à Pomona et à San Bernardino.
...hasés.	3.300	5,6	Distribution de force.
	2.200	5,6	— —
...sés.	2.500	4,8	— —
...sés transformés et tri- ...la ligne.	8.000	11	— de force et de lumière.
...hasés.	11.000	56	— — —
...hasés convertis en con- ...tivée.	15.000	»	Alimentation de tramways.
...hasés.	11.000	Jusqu'à 41	Distribution de force et de lumière.
...hasés.	10.000	16	— de force.
	10.000	17,6	— —
	3.000	6,4	— —
	5.500	»	Transport de force dans une mine.
...phasés.	10.000	22	Eclairage et distribution de la force.
...us.	»	17	Eclairage, traction, moteurs.
...us et alternatif simple.	2.000	1,5	Tramways et éclairage.
...hasés.	11.500	25	Distribution pour tramways interurbains, éclairage.
...phasés et continus.	12.000	»	Distribution de force pour tramway, industries et éclairage.
...hasés.	12.000	40	Distribution de la force et éclairage.
	12.000	27	Eclairage.
...phasés.	4.400	9	Eclairage et transport de force.
	16.000 sera élevée à 27.000	61	Eclairage, traction et transports de force.
...phasés.	11.000	63	Eclairage et transport.
...phasés.	12.000	39	Eclairage, transport et traction.
...phasés.	6.000	12	Distribution d'éclairage et de force à New-Richmond.
...transformés en triphasés.	15.000	»	Distribution d'éclairage et de force à Sacramento.
...phasés	11.000	16	Distribution de force et de traction à Minneapolis.
	15.000 / 26.000	34	Distribution d'éclairage et de force.
	40.000	88	Distribution de force dans des Mines.
	30.000	136	— — —

ANNEXE N° 7. — STATISTIQUE DES LIGNES DE TRAMWAYS ET CHEMINS DE FER ÉLECTRIQUES AU 1er JANVIER 1898.

ÉTATS	LONGUEUR totale des lignes en kilomètres	PUISSANCE totale en kilowatts	NOMBRE total de voitures automotrices
États-Unis / Canada	22.949 »	»	39.748
Allemagne	1.138,2	25.863	2.493
Angleterre	134,4	6.197	220
Autriche-Hongrie	106,5	3.404	243
Belgique	69,0	2.415	107
Bosnie	5,6	75	6
Espagne	61,0	930	50
France	396,8	15.158	664
Hollande	3,2	320	14
Irlande	22 8	646	32
Italie	132,7	6.570	311
Suède et Norwège	24,0	875	43
Portugal	2,8	110	3
Roumanie	5,4	140	15
Russie	30,7	1.270	65
Serbie	10,0	200	11
Suisse	116,2	3.828	237
Totaux pour l'Europe	2.259,3	68.106	4.514

TABLE DES MATIÈRES.

N° 6

NOTES

SUR LA

CONSTRUCTION DU PONT ALEXANDRE III

Par MM. RÉSAL, Ingénieur en chef,
Et ALBY, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

PREMIÈRE PARTIE.

DISPOSITIONS D'ENSEMBLE ET TRAVAUX DE FONDATION (*).

I. — Historique et conditions générales du problème.

L'idée de relier les Champs-Élysées à l'Esplanade des Invalides par un pont jeté sur la Seine n'est pas nouvelle. Sous la Restauration, un pont suspendu a été édifié dans le prolongement de l'axe de l'Avenue Centrale des Invalides, mais cet ouvrage n'a jamais été mis en service. Il a été démoli en 1828 pour être remplacé par un pont situé à l'emplacement du pont actuel des Invalides.

L'histoire de cet ouvrage se trouve dans un livre de Navier, l'auteur du projet publié en 1830 à la suite d'un

---

(*) Les travaux de construction du pont Alexandre III feront l'objet de notes successives insérées dans les *Annales*, au fur et à mesure du progrès des ouvrages. M. l'Ingénieur Alby a bien voulu se charger de rédiger ces notes (N. R.).

mémoire sur les ponts suspendus. Cette histoire présente plus qu'un simple intérêt de curiosité, et nous en avons extrait quelques points saillants.

Les projets de ce pont, préparés par Navier à la suite d'une mission d'étude des ponts suspendus en Angleterre, ont été adressés à l'Administration le 19 avril 1823 et soumis à l'examen d'une Commission spéciale dont les conclusions favorables, sous réserve de quelques modifications, ont été approuvées par le Conseil Général des Ponts et Chaussées.

... « Les nombreux projets de ponts présentés succes-
« sivement à diverses époques pour le même emplace-
« ment, et la fréquence des passages qui ont lieu par
« eau sur ce point, particulièrement les jours de fête,
« motivent assez l'établissement d'un pont dans cette
« position ; et, s'il n'y en existe pas encore, il faut
« l'attribuer sans doute aux difficultés inhérentes à cette
« localité et aux inconvénients des divers systèmes qui ont
« été présentés jusqu'alors.

« Il est facile de prévoir que le rapide accroissement
« des constructions dû aux embellissements qui résultent
« de l'achèvement des quais, fera bientôt sentir le besoin
« d'un pont à l'extrémité de l'allée des Veuves ; mais
« cette construction laissera toujours dans toute leur
« force les motifs qui font justement désirer un autre
« pont qui offrirait une communication directe entre les
« belles promenades des Champs-Élysées et la magnifique
« esplanade des Invalides.

« La proximité du pont Louis XVI semble exclure un
« second pont en pierre vis-à-vis des Invalides. La dépense
« d'un pareil monument, que l'on ne peut évaluer à moins
« de quatre millions, serait hors de proportion avec l'éta-
« blissement d'une communication très justement désirée
« sans doute, mais qui n'est évidemment pas indispen-
« sable. Un pont en fer, dans le genre de celui d'Auster-

« litz, ne coûterait pas moins de trois millions, et aurait « à peu près les mêmes inconvénients qu'un pont en « pierre. Un pont en bois enfin, qui pourrait encore « coûter six à sept cent mille francs, durerait peu et ne « serait nullement en harmonie avec les édifices et les « promenades dans cette localité.

« Les exhaussements à leurs abords, qu'exigeraient ces « divers systèmes de ponts, rompraient d'ailleurs tout le « charme d'une position dont l'ensemble est justement « l'objet de l'admiration publique.

« Un pont suspendu à des chaînes, d'un seul jet d'une « rive à l'autre de la Seine, sans exhaussement sen- « sible aux abords, et tel qu'on le voit sur les dessins de « M. Navier (Pl. p. 168 *bis*), offrirait tout à la fois le triple « avantage d'une communication commode, de n'occasionner « aucun obstacle ni à l'écoulement des eaux, ni à la navi- « gation, et de ne rien diminuer de la beauté du coup d'œil. « La hardiesse que doit nécessairement présenter un pareil « édifice, en quelque sorte aérien, ajouterait même beau- « coup d'intérêt et de mouvement à toute la magnificence « de cette partie de la capitale. »

... Le projet rectifié fut adressé en mars 1824 et renvoyé après approbation, pour la mise en adjudication, le 7 avril suivant.

L'entreprise fut adjugée à M. Allain-Desjardins et, la concession ayant été approuvée par Ordonnance du Roi le 7 juillet suivant, les travaux commencèrent dès les premiers jours d'août. Ils durèrent deux ans.

Lors de la mise en tension des câbles et de la pose du tablier, les joints des assises supérieures des contreforts de la rive droite s'ouvrirent légèrement ; quelques jours après, le 6 septembre 1826, une rupture se produisit dans une conduite d'eau passant à proximité de la fouille des contreforts. Cette fouille fut noyée, les étais qui butaient provisoirement les contreforts furent enlevés, un décolle-

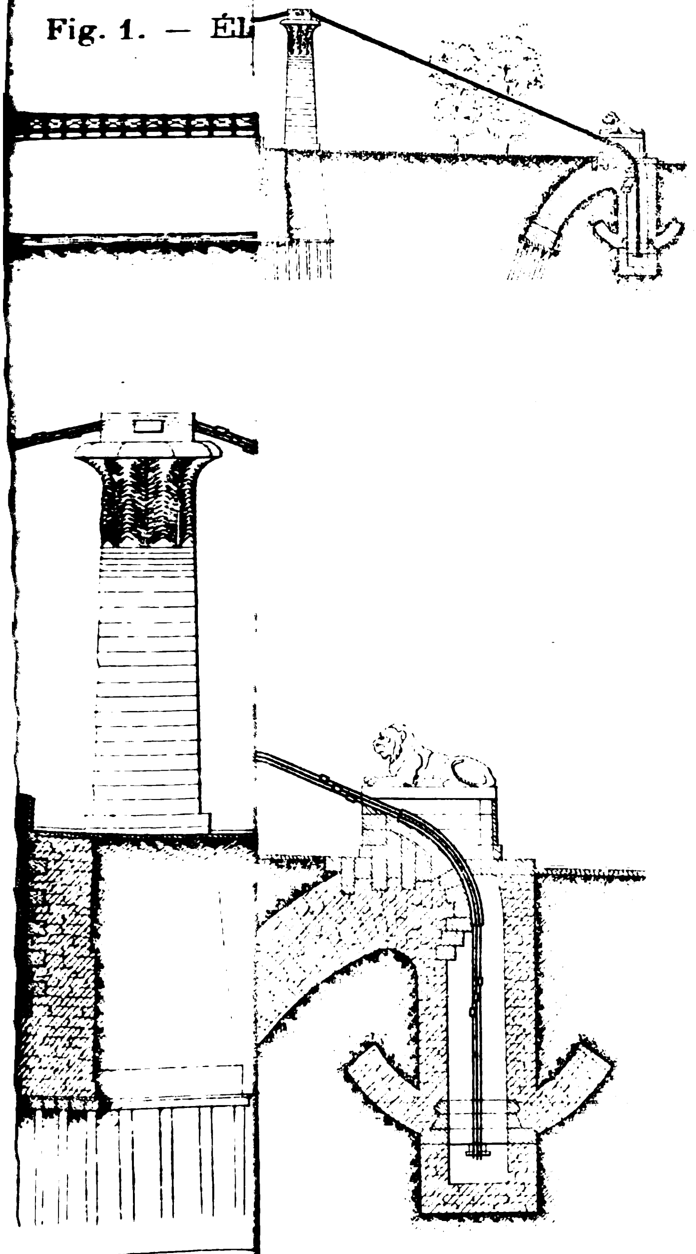
ment de la partie supérieure des contreforts en fut la conséquence.

Cette avarie n'était pas très grave par elle-même : il était facile de reconstruire les massifs disloqués et de les établir d'une manière plus solide en augmentant leur empattement; mais l'emplacement et les dispositions de l'ouvrage avaient été vivement critiqués par le Conseil Municipal de Paris, et l'abandon de l'ouvrage fut décidé. Le *Moniteur* du 29 février 1828 rendit compte de ces circonstances dans les termes suivants :

« Dans des circonstances ordinaires, un semblable événement n'aurait eu aucune importance. La dépense nécessaire pour réparer la partie dégradée des maçonneries ne mérite pas d'être mentionnée. Celle que l'on aurait pu faire pour augmenter la force de cette partie et se mettre bien au-dessus de toute crainte ne se serait pas élevée au dixième de la dépense totale. Les constructions les plus familières, et qui semblent le moins exposées aux accidents, donnent lieu fréquemment à des augmentations de dépenses plus fortes, et personne n'en est surpris, parce que l'on sait qu'il est très difficile de prévoir exactement d'avance tous les obstacles qui peuvent se présenter.

« Il serait superflu d'entrer ici dans le détail des circonstances qui ont suivi l'événement dont on vient de parler, et des débats auxquels ont donné lieu les demandes du concessionnaire. Il suffit de dire que, le Conseil Municipal de la Ville de Paris ayant réclamé avec de vives instances contre l'emplacement adopté pour le pont, et surtout contre l'exécution de la portion de route au travers du grand carré des Champs-Élysées, et contre l'érection des colonnes servant d'appui aux chaînes, qui masquaient, suivant lui, la façade de l'hôtel des Invalides, le Gouvernement s'est décidé à renoncer à une entreprise qui était presque terminée,

Fig. 1. — ÉL[...]



[...]to-Imp L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

« mais contre laquelle l'autorité municipale élevait des « objections qu'on a cru devoir accueillir. Tel est le « principal motif de l'abandon du pont des Invalides ; et « on ne doit pas même attribuer cet abandon à des « motifs d'économie, puisque les dépenses à faire pour « démolir les ouvrages et donner un autre emploi aux « matériaux sont nécessairement bien plus grandes que « celles qu'aurait exigées l'entière consolidation de « l'édifice. »

... La construction du pont suspendu de l'Allée d'Antin en 1829, transformé en 1854 en pont en maçonnerie (pont des Invalides), a pendant de longues années donné satisfaction aux besoins de la circulation et fait perdre tout intérêt pratique à une traversée de la Seine en face de l'Esplanade. Le palais de l'Industrie obstruait d'ailleurs le débouché du côté de la rive droite. Aussi, lorsqu'en raison de l'encombrement croissant de la circulation sur le pont de la Concorde et de la construction d'une gare sur l'Esplanade en 1893, la création d'une nouvelle traversée apparut comme nécessaire, l'emplacement de l'ouvrage fut choisi dans le prolongement de la rue de Constantine de manière à déboucher le long de la façade Est du palais de l'Industrie.

Le choix de l'emplacement de l'Exposition Universelle de 1900, qui a entraîné la démolition du palais de l'Industrie et l'ouverture d'une large avenue entre les Champs-Élysées et l'Esplanade des Invalides, a fait nécessairement abandonner le projet du pont de Constantine et comprendre dans le programme des travaux de l'Exposition une traversée de la Seine dans l'axe de la nouvelle avenue, traversée d'un caractère monumental en raison du rôle qu'elle est appelée à jouer dans un ensemble décoratif.

On est ainsi revenu à l'idée poursuivie autrefois par Navier, et on s'est heurté immédiatement aux difficultés

d'ordre esthétique qu'il avait rencontrées, ainsi qu'aux difficultés d'ordre technique qui résultent soit du développement considérable de la navigation depuis le commencement du siècle, soit des conditions nouvelles du problème en raison, notamment, de la grande largeur de l'ouvrage.

Conditions générales du problème à résoudre. — Les études du pont Alexandre III ont été entreprises dès l'année 1895 après une entente (*) entre le Ministre des Travaux publics et le Ministre du Commerce. L'avant-projet en a été remis à M. le Commissaire général de l'Exposition, au mois de décembre 1895.

Il n'a pu être donné suite à ces études qu'après le vote par le Parlement du projet de loi autorisant les travaux de l'Exposition Universelle, conformément au programme général préparé par le Gouvernement. Le Conseil général des Ponts et Chaussées a été saisi au mois de juin 1896.

En raison de l'importance des questions soulevées, le Conseil général, avant de formuler son avis, a demandé que l'avant-projet fût soumis d'abord à une enquête spéciale *de commodo et incommodo* et ensuite à l'examen d'une Commission choisie parmi ses membres. Ce n'est qu'à la suite de cet examen et de la présentation d'un avant-projet rectifié qu'il donna son avis favorable.

Les projets d'exécution ont été approuvés pour les fondations à la date du 20 janvier 1897, et pour la partie métallique, le 13 juillet 1897.

Des projets complémentaires ont été approuvés à une date ultérieure pour les maçonneries en élévation et pour

---

(*) Aux termes de cette entente, les projets devaient être soumis à l'approbation du Ministre des Travaux publics en tout ce qui concernait les conditions techniques de l'établissement de l'ouvrage, le service d'Architecture de l'Exposition devant collaborer pour la décoration avec le service de la Navigation.

la couverture métallique des parties accessoires des viaducs sur bas-ports.

La partie décorative de l'ouvrage, conformément à l'accord intervenu entre les Ministres des Travaux publics et du Commerce, a été spécialement étudiée par MM. Cassien Bernard et Cousin, architectes, désignés par la Direction des Services d'Architecture de l'Exposition pour collaborer avec les Ingénieurs de la Navigation. Ce n'est que très récemment, à la date du 3 janvier, que l'ensemble de la décoration de l'ouvrage a été approuvé par M. le Ministre du Commerce.

Les discussions du projet du pont Alexandre III ont été très laborieuses.

Dans la pensée de ceux qui ont élaboré le programme de l'Exposition, le pont Alexandre III était essentiellement un ouvrage de caractère décoratif et monumental, qui devait nécessairement satisfaire aux conditions suivantes :

1° Ne pas gêner la perspective des Invalides, vue des Champs-Élysées ;

2° Ne pas nuire à l'aspect de la Seine, vue du pont de la Concorde ;

3° Présenter une largeur en proportion avec celle de l'avenue de 100 mètres conduisant des Champs-Élysées à l'Esplanade des Invalides et des dispositions symétriques dans le lit du fleuve, transformé lui-même en une sorte de bassin de l'Exposition.

D'autre part, ce pont sera placé : à l'aval d'un coude dont l'effet est de porter le courant sur la rive droite ; à l'amont du pont des Invalides, à si faible distance de cet ouvrage que les convois se trouveront simultanément engagés sous les deux ponts. Cette situation est éminemment fâcheuse : la Marine a justement fait ressortir qu'à moins de supprimer dans Paris la navigation en convoi, pour le développement de laquelle l'État a fait de lourds sacrifices, il était strictement nécessaire :

1° Qu'en raison de la dislocation qui se produit dans les convois au passage des ponts à arches multiples et de l'impossibilité matérielle de redresser les convois dans l'intervalle compris entre le pont des Invalides et le pont Alexandre III, ce dernier fût établi sans aucune pile en rivière ;

2° Qu'en raison de la déviation vers la rive droite des convois descendants, produite par le courant en hautes eaux, la largeur de la passe praticable fût assez grande pour ne pas gêner leur redressement à l'entrée du pont des Invalides.

Ces diverses conditions sont inconciliables avec les premières.

Pour donner une satisfaction complète à la Marine, on aurait été conduit à proposer des ouvrages à ossature métallique supérieure avec tablier presque horizontal, ou des ponts en arcs avec dispositions de ports dissymétriques, ou bien des arcs très élevés au-dessus du niveau de l'eau (*). Aucune de ces solutions n'était acceptable au point de vue esthétique.

Un ouvrage à arche unique très surbaissé et tenu à un niveau aussi élevé au-dessus de l'eau que les questions de perspective permettaient de le faire a paru aux ingénieurs être la solution s'éloignant le moins des desiderata de la Marine, et ils l'ont présentée, tout en ne laissant rien ignorer des conséquences que son adoption pourrait entraîner au point de vue de la navigation (**).

C'est sur cette solution que l'Administration a arrêté son choix, estimant avec raison que, dans l'espèce, les considérations de l'ordre esthétique devaient recevoir une

(*) Plusieurs études ont été faites dans ces divers ordres d'idées, notamment une étude avec disposition de ports dissymétriques.

(**) Les ingénieurs ont signalé la gêne causée par la pile centrale du pont des Invalides. L'expérience seule fera voir si cette pile, dont la suppression a fait l'objet d'un vœu de la Marine, pourra être conservée.

satisfaction plus complète que celles de l'ordre purement technique, les inconvénients de la situation nouvelle n'étant pas irrémédiables pour la Marine, si l'avenir montrait la nécessité de les corriger.

Le niveau de la chaussée du pont a été déterminé de telle manière que le regard de l'observateur placé dans l'axe de l'avenue sur les Champs-Élysées et rasant le sommet du pont vînt passer au pied des Invalides.

C'est en partant de cette donnée fondamentale que les principales cotes de l'ouvrage ont été établies.

Description sommaire de l'ouvrage. — Le type de l'ouvrage (Pl. 5) est en arc à trois articulations avec viaducs de raccordement sur les bas-ports.

Les dispositions principales des projets approuvés sont les suivantes :

L'axe longitudinal du pont coïncide avec celui de la nouvelle avenue coupant l'axe de la voie navigable sous un angle peu différent de l'angle droit 83° 38′.

La distance de 155 mètres qui sépare les parapets des deux quais actuels de la Seine est divisée en trois parties : le lit de la Seine occupe la partie centrale comprise entre deux bas-ports de $22^{m},50$ de largeur chacun. Les culées du pont font une légère saillie sur les murs de bas-port ; le débouché linéaire du pont mesuré suivant son axe est de 109 mètres entre les nus des culées.

Les coussinets qui portent les rotules font saillie de $0^{m},75$ sur le nu des culées, de telle sorte que les articulations de naissance sont distantes de $107^{m},50$ d'axe en axe.

Le viaduc sur bas-port comporte sur chaque rive plusieurs travées.

La première travée donne passage à une voie de service reliant les parties de quai situées en amont et en aval du pont.

Les deux autres travées sont engagées dans un

ensemble de maçonneries décoratives (Pl. 5 et 6) formant saillie sur la ligne des quais.

En arrière de l'alignement des quais, une tranchée couverte contourne la culée du pont Alexandre III pour donner passage aux déviations provisoires des voies publiques pendant la durée de l'Exposition.

La largeur du pont (Pl. 4) mesurée normalement à l'axe est de 40 mètres entre garde-corps : cette largeur se partage entre une chaussée centrale de 20 mètres et deux trottoirs de 10 mètres chacun ; à l'entrée du pont sur chacun des quais au droit des parties décoratives formant terrasse, les trottoirs s'élargissent et reçoivent de chaque côté des escaliers d'accès au bas-port.

Le profil en long de la chaussée se compose au-dessus de l'arc de deux déclivités en sens contraire de 0m,02 par mètre raccordées à la clé par un arc de cercle de 32 mètres de corde et de 800 mètres de rayon.

Les déclivités s'adoucissent au-dessus du viaduc et se raccordent avec le profil de l'avenue.

Le bombement de la chaussée du pont est de 0m,20, il est très réduit, car il représente seulement le 1/100 de la largeur. Le profil de la chaussée est parabolique, de telle sorte que la déclivité est de 4 0/0 près du caniveau.

La pente transversale des trottoirs ne dépassera pas 0,035 par mètre.

L'ossature métallique du pont comprend quinze fermes également espacées.

Les arcs seront en acier moulé ; la superstructure, montants et tabliers, en acier laminé ; les parties décoratives, en fonte (*).

Le choix du type de l'arc et de la nature du métal a été déterminé par des considérations de diverses natures.

(*) La description détaillée de l'ossature métallique sera faite ultérieurement, lorsqu'il sera rendu compte de l'exécution de cette partie de la construction.

En premier lieu, l'arc étant très surbaissé et d'une hauteur très réduite à la clé en raison des conditions mêmes de son établissement, la triple articulation s'est imposée : elle rend, en effet, la stabilité de l'ouvrage presque totalement indépendante de la température ; elle diminue, par suite, dans une très notable proportion, les moments de flexion près de la clé et permet de ne jamais faire travailler les arcs qu'à la compression ; elle a l'avantage, en outre, d'assurer, même avec un réglage sommaire, la bonne transmission des efforts.

D'autre part, on ne pouvait songer, en raison des difficultés de la navigation, à obstruer le pont des Invalides du côté d'amont par des cintres pendant une année entière ; or l'assemblage et le rivetage mécanique d'arcs en acier laminé présentant de fortes épaisseurs auraient nécessairement entraîné l'établissement de cintres et d'échafaudages importants ; il a donc paru préférable de construire les arcs par voussoirs assemblés au moyen de boulons, ce qui ne présente pas d'inconvénient dans une ossature travaillant uniquement à la compression et facilite le montage dans de notables proportions.

Pour un ouvrage ainsi constitué, l'emploi de l'acier moulé, depuis longtemps d'un usage courant dans l'artillerie et dans la Marine, était naturellement indiqué ; la suppression de la rivure, en effet, permet de réduire au minimum l'épaisseur des sections et, par suite, le poids de l'arc ; en outre, les voussoirs moulés présentent, au point de vue de la résistance à l'oxydation, des garanties toutes spéciales.

Le niveau du pont au sommet étant défini par une condition rigoureuse, il a été nécessaire de placer les retombées des arcs à une faible hauteur au-dessus du plan d'eau. C'est ainsi que les axes des articulations de naissance doivent se trouver à la cote 29,25, soit à 2,25 au-dessus de la retenue normale (27,00), et les articula-

tions de la clé à la cote 35,53, soit à $8^{m},53$ au-dessus de la même cote et à $6^{m},83$ au-dessus de celle des plus hautes eaux navigables (*) (28,70).

Le surbaissement de l'arc mesuré entre articulations doit atteindre ainsi $\frac{1}{17,12}$.

Les tableaux suivants permettent de comparer les conditions d'établissement de l'ouvrage à celles de divers ouvrages existant déjà aux points de vue du profil en long, des facilités de la circulation terrestre, du débouché, du surbaissement et des facilités de la navigation.

COMPARAISON DES PROFILS EN LONG.

DÉSIGNATION DES PONTS	COTE des plus hautes eaux navigables	COTE du profil de la chaussée au sommet	COTE du sommet du profil rapporté au niveau des hautes eaux navigables	DÉCLIVITÉ maximum du profil
Solférino	28.85	35.10	6.25	0.022
Concorde	28.80	37.41	8.61	0.029
Alexandre III (projet)	28.70	36.20	8.20	0.020
Invalides	28.67	35.89	7.22	0.024
Alma	28.55	35.38	6.83	0.016
Mirabeau	28.16	36.16	8.00	0.020

COMPARAISON DES DÉBOUCHÉS.

DÉSIGNATION DES PONTS	COTE de l'intrados à la clé	COTE de la crue de 1876	DÉBOUCHÉ linéaire aux naissances	DÉBOUCHÉ SUPERFICIEL à la retenue	DÉBOUCHÉ SUPERFICIEL au niveau de la crue de 1876
Solférino	$33^{m},99$	31.80	$120^{m},00$	445^{m2}	955^{m2}
Concorde	34 ,98	31.69	139 ,30	520	1.115
Alexandre III	35 ,08	31.65	109 ,00	435	927
Invalides	33 ,94	31.62	127 ,09	450	940

(*) La cote des plus hautes eaux navigables est, à Paris, la cote des eaux de la crue à partir de laquelle la navigation cesse habituellement par suite des difficultés inhérentes à l'exploitation des ports et au passage sous certains ponts, bien que la circulation soit encore assez aisée.

COMPARAISON DES SURBAISSEMENTS.

…ation des ponts et des arches		Ouverture	Flèches	Surbaissements	Observations
…t Morand, à Lyon…	Arche centrale..	67.40	4.44	$\frac{1}{15.18}$	
	Arche de rive…	64.00	3.96	$\frac{1}{15.909}$	
…t du Midi, à Lyon…	Arche centrale..	68.50	5.45	$\frac{1}{12.40}$	
	Arche de rive…	62.50	4.52	$\frac{1}{13.60}$	
…t Boieldieu, à Rouen.	Arche centrale..	40.00	2.50	$\frac{1}{16}$	
	Arche de rive…	48.80	3.70	$\frac{1}{13}$	
	Arche de rive…	54.60	4.87	$\frac{1}{11}$	
…t Mirabeau	Arche centrale..	99.34	6.19	$\frac{1}{16.05}$	Entre articulations.
		96.50	5.50	$\frac{1}{17.55}$	Courbe d'intrados.
…t Alexandre III.......	Arche unique…	107.50	6.28	$\frac{1}{17.12}$	Entre articulations.
		107.50	6.33	$\frac{1}{16.98}$	Courbe d'intrados.

COMPARAISON DES CONDITIONS DE NAVIGABILITÉ.

	Pont Mirabeau arche centrale	Pont Alexandre III	Observations
…e de l'intrados à la clé.................	34.86	35.08	Le pont Mirabeau est le seul ouvrage de la traversée de Paris offrant une arche comparable à celle du pont Alexandre III.
…an des plus hautes eaux navigables.....	28.16	28.70	
…nt d'air maximum au milieu en hautes eaux.	6.70	6.38	
…rgeur de la passe libre en hautes eaux avec:			
6.00 de tirant d'air................	21.60	19.91	
5.50 —	34.60	34.38	
5.00 —	46.78	45.26	
4.50 —	58.02	54.30	
4.00 —	67.88	62.31	

II. — Stabilité générale de l'ouvrage. — Nature du sous-sol, fondations.

L'arc très surbaissé du pont Alexandre III doit exercer sur les culées des poussées considérables. Pour les atté-

nuer, on a cherché à donner à l'ossature le maximum de légèreté compatible avec une bonne tenue en réduisant le poids mort du tablier au minimum et en employant un métal à coefficient de travail élevé. On a, en outre, relevé l'articulation de clé autant que possible ; on ne pouvait songer à abaisser outre mesure celles des naissances, car cet abaissement aurait restreint la largeur des passes libres en hautes eaux.

Depuis les premières études jusqu'au projet définitif, le surbaissement est descendu de la valeur de 1/20 dans l'avant-projet de 1895 à celle de $\frac{1}{17,12}$ dans le projet définitif ; la poussée par mètre courant de pont a passé de 345 tonnes à l'avant-projet à 288 tonnes au projet définitif.

La réduction de la poussée a été la constante préoccupation des auteurs du projet en raison de l'inquiétude qui régnait dans les esprits sur la qualité du sol de fondation, inquiétude qui avait son origine dans les souvenirs des accidents survenus au pont de Navier en 1826, au pont de l'Alma en 1855, au pont des Invalides à plusieurs reprises et, finalement, en 1878. Nous croyons qu'il peut être utile d'entrer dans quelques détails sur la nature de ces accidents dont la relation détaillée n'a pas été faite dans les *Annales* et dont la comparaison présente un très vif intérêt.

Examen des accidents survenus aux ouvrages voisins du pont Alexandre III (*). — L'accident survenu au pont de Navier est un arrachement du haut des massifs d'ancrage par suite d'un mouvement des contreforts destinés à les contre-buter ; les contreforts étaient donc établis d'une manière défectueuse ; mais, d'après les constatations faites au moment de l'accident, ni les fondations des pylones, ni

(*) Voir *Note Annexe n° 1* (page 209) pour les croquis et les indications numériques.

les puits d'amarrage n'avaient souffert. Or, en nous en tenant aux pylones, dont les fondations ont été retrouvées dans les caissons, la charge supportée par ce terrain, d'après les calculs de Navier lui-même, devait s'élever à environ 3 kilogrammes par centimètre carré de massif soit à 26 tonnes par pieu. Sur la rive droite, comme sur la rive gauche, les pieux ont été retrouvés solidement fichés, la pointe à la cote 19,50 dans les couches géologiques au-dessous des alluvions. Cette fondation avait évidemment bien résisté.

La pression sur les maçonneries des contreforts s'élevait à près de 5 kilogrammes par centimètre carré de section et à plus de 50 tonnes par pieu : ces chiffres pouvaient n'être pas excessifs en excellent terrain ; sur la rive gauche, les contreforts du pont de Navier ont bien résisté, et nous verrons plus loin qu'on trouve des résultats de même ordre à propos du pont des Invalides. Mais on pouvait redouter un mouvement de la tête des pieux sous l'effet d'une charge n'agissant pas suivant leur direction, si quelque affouillement venait à se produire. Or la reconnaissance de la nature des alluvions supérieures de la rive droite que nous avons été amenés à faire (*) à l'emplacement du pont de Navier nous a démontré que ce genre d'accident était éminemment à craindre, et elle nous a éclairés sur la nature de l'accident survenu en 1826. A la surface, sur cette rive, on rencontre d'abord sur quelques mètres d'épaisseur une couche d'argile sableuse très régulière ; cette couche est imperméable, légèrement

(*) Nous avons dû, pour fonder le mur qui se trouve en arrière du caisson, ouvrir une fouille jusqu'à la cote 26,00 du nivellement général de la France, c'est-à-dire à un niveau plus élevé de 1 mètre environ que la tête des pieux du pont de Navier. La base du talus s'éboulait si rapidement qu'il fallait maçonner aussitôt la fouille ouverte et remplir immédiatement le vide compris entre la maçonnerie et le terrain, alors que la partie supérieure du talus se tenait depuis plusieurs mois avec une inclinaison de 1 pour 3, de la cote 32,50 à la cote 27,50.

compressible, et elle se tient très bien à talus vertical Au-dessous de cette couche, mais au-dessus de la couch de gravier qui est toujours à la base des alluvions a ciennes, on rencontre une alternance de bancs d'argiles e de sables très fins sans régularité.

Les sables sont éminemment ébouleux, et, aussitôt qu'o a dépassé dans une fouille le niveau des argiles supé rieures, les parois tendent à s'affouiller ; il est donc bie facile de se représenter l'effet d'une forte rentrée d'ea dans une fouille un peu importante creusée dans c terrain.

Un accident de cette nature n'était, au contraire, pa à craindre sur la rive gauche où les couches supérieure des alluvions sont constituées par des sables graveleu ou concrétionnés en marnes blanchâtres tendres.

Pont de l'Alma. — Lorsque l'on commença le décintrement du pont de l'Alma, on s'aperçut que l'ouvrage tassait en grand, ce qui prouvait que les fondations de piles s'enfonçaient sous la charge qu'elles supportaient L'ouvrage, sauf la culée de rive gauche, était fondé su pilotis battus dans une couche d'argile à lignite ; l'empattement des piles était de 6,75, la longueur du caisson d 27 mètres ; la surface d'appui totale de 182 mètres carrés la charge reposant sur ces appuis, d'après les ingénieurs devait atteindre au total 7.600 tonnes ; mais, réduite à 7.000 (*) par les eaux de crue, elle était encore trop considérable. La pression moyenne correspondante était de $3^{kg},8$ par centimètre carré, ou bien de 34 tonnes par pieu de fondation.

Les mesures prises pour arrêter le tassement, mesures qui ont d'ailleurs réussi, ont consisté à alléger l'ouvrage

(*) Le mouvement de descente ayant été arrêté par les eaux de crue, alors que le pont était soutenu par ses fondations et par une partie des pieux des cintres, on s'est ainsi rendu compte de la limite des charges par pieu qu'il ne fallait pas dépasser.

et à élargir la surface d'appui des piles en injectant du mortier dans les massifs de sable et d'enrochement qui garnissaient les pieux de fondation après les avoir préalablement entourés d'une enceinte de palplanches de 12 mètres de largeur. La pression réduite peut être évaluée à 7.000 tonnes par pile, la pression moyenne sur le sol de fondation à $2^{kg},4$ par centimètre carré.

Pont des Invalides. — Le pont des Invalides, construit primitivement sous le nom de pont de l'Avenue d'Antin, était un pont suspendu, dont la travée centrale présentait une ouverture d'environ 68 mètres. A la veille de l'Exposition de 1855, sa transformation en pont fixe en maçonnerie fut décidée ; les anciennes maçonneries des piles et culées furent conservées, on allongea les premières, on élargit les secondes, et on construisit au milieu du lit une pile nouvelle. On obtint de cette manière un pont à quatre arches dont les ouvertures étaient un peu plus grandes pour les arches de rive que pour les arches centrales ; le surbaissement des premières, $\frac{1}{9,4}$, se trouvait d'ailleurs sensiblement plus élevé que celui des deux autres, $\frac{1}{7,5}$.

Il y avait 100 pieux par pile pour chacune des anciennes piles, et 116 pieux pour la pile centrale ; la charge de ces pieux était, en 1878, savoir :

Pour la pile	n° 1 R. G.,	4.677	tonnes,	soit : $46^{T},77$	par pièce
—	n° 2	5.080	—	43 ,79	—
—	n° 3	4.942	—	49 ,42	—

En 1878, la voûte de l'arche n° 4, tendant à se déverser en rivière par suite d'un affaissement de la pile, la restauration de l'ouvrage fut reconnue nécessaire et on procéda à la démolition de la pile n° 3, ainsi qu'à la reprise en sous-œuvre de la pile n° 1 ; on constata d'abord que des affouillements considérables s'étaient produits autour

des piles 1 et 3 ; on constata, en outre, que le planch formant le fond du caisson de la pile n° 3 ne portait pl exactement sur les pieux du côté d'aval ; il s'était déplacé et les pieux dont les pieds semblaient avoir conservé le position s'étaient déversés à la partie supérieure.

Sous la pile n° 1, les pieux furent trouvés en bon éta le plancher reposant uniquement sur leur tête ; le l s'était affouillé au dessous. On se contenta de les blo quer dans un massif de maçonnerie en sous-œuvre et d défendre la pile contre des affouillements ultérieurs. O à ce moment la pression rapportée à la surface d'appu était supérieure à 5 kilogrammes par centimètre carré.

Conclusions. — Il n'y a aucune relation entre ces acci dents : le premier ouvrage était fondé en partie sur le calcaire, en partie sur des alluvions ; le second était fond sur l'argile plastique ; le troisième, sur une couche de sabl peu compressible, mais éminemment affouillable ; ils son néanmoins extrêmement instructifs.

Du premier de ces accidents, en particulier, il fau retenir que les couches supérieures des alluvions pré sentent des caractères très variables qu'il convient d'étu dier de très près quand on les prend comme base d'appui ; du second, que les couches supérieures de l'argile plas tique ne peuvent supporter directement des pression dépassant beaucoup $2^{kg},5$ par centimètre carré ; du troisième, qu'on peut, au contraire, en se mettant à l'abri des affouillements, fonder sur les couches de sable qui surmontent l'argile plastique en leur faisant supporter une pression double. Après cette enquête il restait à établir d'une manière certaine la nature géologique du sous-sol au droit du pont Alexandre III.

Reconnaissance du sous-sol. — Cette reconnaissance a été faite au moyen de sondages forés dans les conditions habituelles ; les échantillons ont été soumis à l'examen

l'un géologue particulièrement qualifié (*) et les résultats comparés avec ceux obtenus dans les sondages voisins et avec les renseignements généraux déjà acquis sur la constitution du sous-sol de Paris.

Trois sondages ont été faits sur la rive droite ; ils ont accusé, au-dessous des alluvions récentes argilo-sableuses, une couche de gravier et le calcaire grossier inférieur.

Le calcaire grossier commençait à une cote voisine de la cote (21,00) du Nivellement général de la France, et il était retiré à l'état de sable. Au-dessous du calcaire qui descendait jusqu'à une cote variant de la cote (17,00) à l'amont à la cote (17,40) à l'aval régnait une épaisse couche de sable coquillé avec débris végétaux, verdâtre à la partie supérieure et passant au noir, plus bas. Cette couche, qui doit être rattachée à l'étiage lutécien, surmontait les argiles à lignite du sparnacien qui commençait à une cote voisine de la cote (9,00) du Nivellement général de la France.

L'examen des produits de sondages, surtout lorsqu'il s'agit de couches traversées par le trépan, laisse toujours quelque incertitude ; pour la dissiper, l'un des sondages a été poussé jusqu'à la craie, afin de bien établir la succession des couches. On a trouvé successivement des couches d'argile ligniteuse, d'argile grise plastique, de sables plus ou moins argileux jusqu'à la cote (6,00), où commençait l'argile panachée compacte.

Au-dessous des argiles panachées, à la cote (—16,50), les marnes de Meudon ont été atteintes, et à la cote (—27,00) la craie.

Les deux autres sondages n'ont été poussés que jusqu'aux argiles panachées qui ont été rencontrées à des cotes très peu différentes.

(*) M. Munier-Chalmas, professeur de géologie à la Sorbonne, a bien voulu examiner les produits de sondage du pont Alexandre III et en faire le classement.

Sur la rive gauche quatre sondages ont été exécutés. Les alluvions supérieures récentes s'y sont présentées sous forme de couches de sable graveleux gris ou jaune; ces couches se distinguaient mal des graviers des alluvions anciennes; le calcaire grossier existait encore sous le gravier et les cailloux roulés, mais son épaisseur était très faible; il n'était à l'état de roche que jusqu'à la cote (20,00) en moyenne, c'est-à-dire 2,60 plus haut que sur la rive droite. Le relèvement accusé par le calcaire de la rive gauche à la rive droite est encore plus accentué sur les argiles à lignites qui sont rencontrées à une cote voisine de la cote (15,00) avec une dénivellation de près de 2 mètres de l'amont à l'aval; les argiles panachées sont relevées, d'une rive à l'autre, de la même quantité que les argiles à lignite, soit de près de 6 mètres.

Le Service de la Navigation possède des renseignements assez nombreux provenant de sondages faits par ses soins pour les projets de différents ouvrages ou communiqués par d'autres services (Compagnies de chemins de fer, ville de Paris). Ces renseignements ont été reportés sur un profil en long longeant la rive gauche de la Seine, sur laquelle on se rend compte de l'affleurement successif des diverses couches géologiques en dessous des alluvions anciennes (Pl. 5).

L'examen de ce profil fixe d'une manière plus certaine les résultats immédiats de l'étude des produits : le relèvement des couches géologiques dans la direction de Meudon est nettement accusé sur ce profil dans toute la partie aval de la traversée de Paris; un relèvement en sens inverse se produit du côté d'amont, mais avec une déclivité plus faible.

Le pont Alexandre III se trouve à l'extrémité de l'affleurement du terrain de l'étage lutécien, les couches de l'étage sparnacien s'y rencontrent à une profondeur nécessairement plus grande qu'au pont des Invalides,

et l'on est en droit d'y compter sur une résistance du sous-sol au moins égale.

Stabilité de la culée. — La connaissance du sous-sol a permis de déterminer les données du problème de la stabilité des culées du pont Alexandre III.

On s'est imposé, d'une part, de conserver au-dessous de la fondation, entre elle et les couches d'argile, une épaisseur de sable suffisante pour prévenir le tassement vertical ; d'autre part, de donner à la culée un poids suffisant pour que, par le seul effet du frottement, elle résistât à la poussée sans qu'il fût nécessaire de faire état de la buttée des terrains ; enfin de limiter la pression sur les fondations à un taux voisin de celui qui est atteint au pont de l'Alma.

Pour satisfaire à ces diverses conditions, on était conduit à reculer l'arête de renversement à plus de 30 mètres du parement, à donner à la culée un empattement dépassant 20 mètres et à évider la partie du massif touchant aux terres ; le massif de la culée se trouvait ainsi en arrière et nettement détaché des murs de bas-port qu'il fallait fonder d'une manière indépendante.

On a été amené à simplifier la construction de l'ouvrage en réunissant le mur de quai au corps de la culée et en fondant le tout sur un massif unique.

Nous avons réuni, dans des tableaux joints à la *Note annexe n° II* (page 212), les renseignements détaillés qui peuvent intéresser la stabilité des culées d'après l'exécution, ou les projets approuvés pour la partie métallique. Une épure est jointe à cette note.

Les résultats principaux à en retenir sont : que la pression sur les sommiers granitiques atteint au maximum 48 kilogrammes par centimètre carré ; que la pression transmise aux maçonneries ordinaires ne dépasse pas 18 kilogrammes au joint de la dernière assise de granit ;

que la pression verticale par centimètre carré d'appui sur le sol de fondation ne dépasse pas 3 kilogrammes, et que le rapport de la poussée au poids dans les conditions les plus défavorables n'atteint pas 0,50.

Il résulte, d'autre part, d'un certain nombre d'essais que nous avons faits pour nous rendre compte de la valeur du coefficient de frottement sur les sables extraits des sondages, que dans aucun cas le rapport de la force horizontale au poids ne descendait au-dessous de 0,58 avec les sables les plus fins.

III. — Détail et exécution des travaux des fondations.

Description des culées. — Le massif de chacune des culées présente la forme d'un parallélogramme dont le côté parallèle à l'axe du pont a $33^m,50$, la distance de ces côtés mesurée normalement étant de 44 mètres. Chaque massif est fondé au moyen d'un caisson unique divisé en cinq parties par des cloisons perpendiculaires à la direction de la rivière. Les chambres partielles communiquant entre elles par la partie médiane des cloisons qui est à treillis, leur ensemble ne forme en réalité qu'une grande chambre unique, et les maçonneries qu'elles contiennent constituent un seul bloc dont les éléments adhèrent aux cloisons ou sont soudés entre eux à travers les mailles du treillis.

Au-dessus du plafond de la chambre de travail règne un poutrellage métallique dont la direction est parallèle à celle de la rivière ; les chambres de travail, de même que les espaces occupés par le poutrellage, sont remplies de béton de ciment constitué par un mélange dans la proportion de 3 volumes de cailloux de Seine pour 2 volumes

le mortier. Le mortier est dosé à raison de 450 kilogrammes de ciment de Portland pour 1 mètre cube de sable de Seine.

La face supérieure du béton est creusée de sillons parallèles à l'axe de la rivière, le creux des sillons correspondant à l'intervalle des poutrelles consécutives ; le but de cette disposition est de lier en arrachement le béton à la maçonnerie ordinaire placée au dessus.

La hauteur totale moyenne de béton est de 3m,40; toute la partie supérieure de la culée est en maçonnerie de moellons de caillasse ou de Souppes, hourdée au mortier de ciment de Portland dosé à raison de 400 kilogrammes de ciment par mètre cube de sable de Seine.

Le parement de la culée, du côté rivière au-dessous de la cote 26,00 du Nivellement général, est en moellons piqués de Souppes et, au-dessus de cette cote, en pierre de taille granitique. La partie parementée en granit comprend trois assises courantes de 0m,50 de hauteur et un bandeau mouluré au-dessus duquel reposent directement les sommiers d'appui des arcs et les sommiers intercalaires.

En arrière de chaque sommier d'appui sont disposées, normalement à la direction de la poussée, quatre assises de libages granitiques dont la surface va croissant depuis les sommiers jusqu'à la maçonnerie ordinaire sur laquelle ils répartissent la pression.

Les pierres granitiques proviennent des Vosges, celles qui sont vues sont tirées des carrières de Saint-Stails; elles sont d'un gris clair à fond très légèrement rosé; les libages sortent des carrières de Senones, leur couleur rouge violacé n'est pas homogène ; elle n'a pas convenu pour l'emploi en élévation.

Le massif des maçonneries ordinaires en arrière des libages est appareillé en forme de voûte dont les joints parallèles à l'axe de la rivière inclinent jusqu'à 45°.

La partie centrale du massif présente, aussi bien du côté du large que du côté de terre, des talus à 45° ; sur la face du large elle reçoit l'appui de la partie appareillée en voussoirs, et sur la face de terre viennent buter des contreforts de 2 mètres séparés par des évidements de 3 mètres de largeur ; ces évidements remplis de sable et gravier sont voûtés à la cote (26,50). La face supérieure du massif général est réglée : du côté terre à la cote (28,50), au droit du passage des tramways ; en avant à la cote (29,50) qui est celle du quai (*).

Exécution des travaux. — Les fondations des culées ont fait l'objet d'une adjudication restreinte (**).

Le cahier des charges laissait à l'entrepreneur le soin d'étudier le programme pour la mise en place et le fonçage des caissons selon les moyens dont il disposerait (***).

Il avait le choix entre deux solutions : l'une consistait à ouvrir à la drague dans chaque rive une fouille dans laquelle les caissons seraient échoués ; ce procédé réduisait au minimum la durée du fonçage et les aléas que comportait la descente d'un grand caisson à travers le sol. Mais il fallait construire le caisson en dehors de l'emplacement de la culée, le mettre à flot, et le conduire dans son emplacement définitif.

L'autre procédé consistait à monter le caisson sur place et à le foncer sans déplacement. Ce procédé comportait une période de fonçage plus longue, plus aléatoire ; elle entraînait l'obligation de démolir à sec, au préalable, les

(*) Nous avons limité la description au massif de culée proprement dite, les maçonneries en élévation actuellement en cours d'exécution feront l'objet d'une description dans une note ultérieure.

(**) MM. Letellier et Boutrinquieu, adjudicataires.

(***) Le projet prévoyait également pour chaque culée deux séries de caissons reliés par des voûtes. Par une convention postérieure à l'adjudication, les deux séries de caissons ont été remplacées par des caissons uniques sur chaque rive.

murs de quai qui auraient fait obstacle à la descente des caissons.

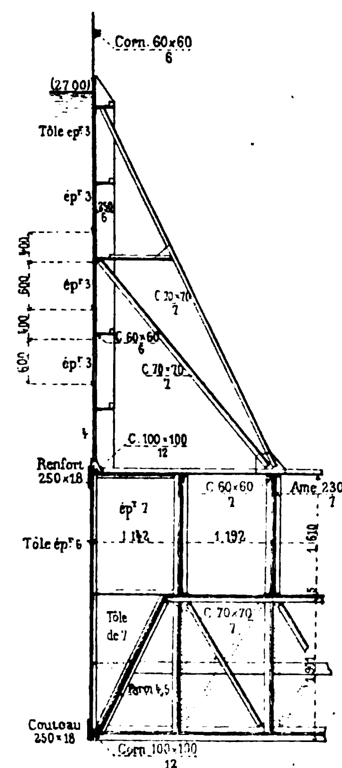
C'est ce second procédé qui a été choisi, en raison des dépenses considérables de la mise à flot du caisson.

Description des caissons (Pl. 7). — L'ossature métallique des caissons est entièrement en acier doux de la qualité usuelle dans les constructions de pont (42 kilogrammes de résistance à la traction et 22 0/0 d'allongement sur des barrettes de 200). La ceinture extérieure est constituée par des tôles de $3^{m},680$ de hauteur et de 6 millimètres d'épaisseur ; ces tôles sont armées à la partie inférieure d'un plat de 250×18 et d'une cornière de $\frac{100 \times 100}{12}$ placée à l'intérieur, cette garniture constitue le couteau. A la partie supérieure ces tôles sont renforcées par un plat et une cornière de mêmes dimensions, de manière à former poutre dans le sens vertical. La muraille extérieure est raidie tous les $1^{m},20$, au droit des joints verticaux des tôles, par des nervures composées d'un plat de 200×6 et d'une cornière de $\frac{70 \times 70}{8}$. Aux nervures sont attachées des consoles ; les cornières contre-fiches des consoles sont réunies du côté intérieur par une tôle de $4^{mm},5$ qui vient se relier par des cornières ouvertes, formant couvre-joint d'une part avec la cornière du couteau inférieur, et d'autre part avec la tôle du plafond. Cette disposition, qui n'est pas nouvelle d'ailleurs, permet, en garnissant de béton le vide prismatique compris entre les tôles des murailles extérieures et la tôle inclinée, de donner à ces murailles une rigidité considérable, tout en augmentant du même coup les garanties d'étanchéité.

Les murailles extérieures du caisson parallèles à la rivière sont reliées au-dessous du niveau du plafond par quatre sommiers perpendiculaires à leur direction. La

chambre de travail se trouve ainsi partagée, ainsi qu'on l'a dit plus haut, en cinq chambres plus petites, dont les trois médianes sont rectangulaires, et les deux extrêmes trapézoïdales. Les cloisons qui séparent ces chambres étant à treillis dans leur partie médiane, il y a communication d'un bout à l'autre de la chambre de travail.

Les sommiers, comme les murailles extérieures, sont en contact avec le sol par des couteaux dont l'arête inférieure est au même niveau ; ceux-ci sont constitués par deux cornières de $\frac{100 \times 100}{12}$ et par une âme de 7 millimètres.



La tôle du plafond, de 5 millimètres d'épaisseur, est à $1^m,901$ au-dessus du couteau ; elle est rivée à sa partie supérieure aux semelles inférieures d'une série de poutrelles à treillis de $1^m,61$ de hauteur, distantes entre elles de $1^m,20$, placées parallèlement à la direction de la rivière et aboutissant aux murailles amont et aval au droit des consoles que portent ces murailles. Le poutrellage est soutenu dans sa longueur en quatre points intermédiaires par les sommiers décrits plus haut ; à chaque poutrelle correspondent, dans les sommiers placés en dessous, un montant vertical et deux contre-

ches, reportant la charge sur le couteau placé à la partie inférieure.

Les poutrelles du plafond constituent de véritables poutres à travées solidaires encastrées à leurs extrémités sur les murailles extérieures; elles portent la charge du plafond entre les sommiers.

Les sommiers répartissent la réaction du sol entre les poutrelles, transmettent au sol le poids du plafond et, grâce à leur rigidité, ils peuvent, en outre, suppléer à l'insuffisance des appuis des murailles extérieures sur le sol dans certains cas, notamment dans le cas où l'une de ces murailles est en porte-à-faux. Leur rôle d'appui diminue lorsque la rigidité progressive du plafond augmente par suite de l'avancement des maçonneries; mais ils jouent alors le rôle de tirants et servent de lien entre les murailles extérieures.

Nous avons fourni, dans la *Note annexe n° III* (*), quelques indications sur les conditions de stabilité des caissons, qui ont fait l'objet d'une étude détaillée par MM. Daydé et Pillé, dans la prévision de leur mise en place par voie de flottage, et plus tard dans la prévision d'un fonçage sur place en porte-à-faux.

La hauteur du caisson proprement dit ne dépasse pas 3m,68; les murailles extérieures sont prolongées au dessus par des hausses montées au fur et à mesure de la descente et assemblées avec des rivets de 10 millimètres posés à froid. L'épaisseur de la première tôle est de 4 millimètres, celle des tôles supérieures de 3.

Du côté du large, les tôles ne s'appliquent pas sur la maçonnerie; un espace libre de 0m,75 a dû être ménagé en avant du parement du mur pour permettre la pose des pierres de taille et le fichage des joints; les hausses placées sur cette face ont uniformément 4 millimètres

(*) La *Note annexe n° III* sera jointe au prochain article.

d'épaisseur et sont raidies sur leurs bords par des cornières placées à l'extérieur ; elles forment une série de panneaux assemblés à boulons du côté extérieur dont l'ensemble constitue un batardeau démontable.

Pour éviter les déformations qui se produisent dans les parois de grande longueur, par suite du gondolement des tôles minces, malgré la présence de cornières placées de distance en distance dans le sens horizontal, des montants verticaux ont été disposés au nombre de trois sur les parois amont et aval, et au nombre de quatre sur chacune des deux autres, au droit des abouts des sommiers. Le constructeur avait également prévu que les cornières horizontales des hausses recevraient des madriers assemblés à boulons, afin de donner aux parois une grande rigidité. Cette mesure n'a pas été appliquée, les montants verticaux ont agi assez efficacement pour qu'on pût la supprimer en cours d'exécution.

Tous les joints des caissons et des hausses sont faits avec interposition de feutre bitumé pour assurer l'étanchéité qui n'a d'ailleurs rien laissé à désirer.

Chacune des chambres partielles de chaque caisson a été munie de deux cheminées.

Le nombre des cheminées a été de dix, conformément au programme imposé (*) ; chacune d'elles a été pourvue d'échelles pour le personnel et de bétonnières pour l'introduction du béton. Mais huit d'entre elles seulement ont reçu des moteurs mécaniques pour l'extraction des déblais ; les chambres extrêmes, de moindre dimension que les autres, n'étaient desservies que par un seul moteur.

L'exhaussement des cheminées pendant le cours du travail, qui est généralement pratiqué, aurait causé, en

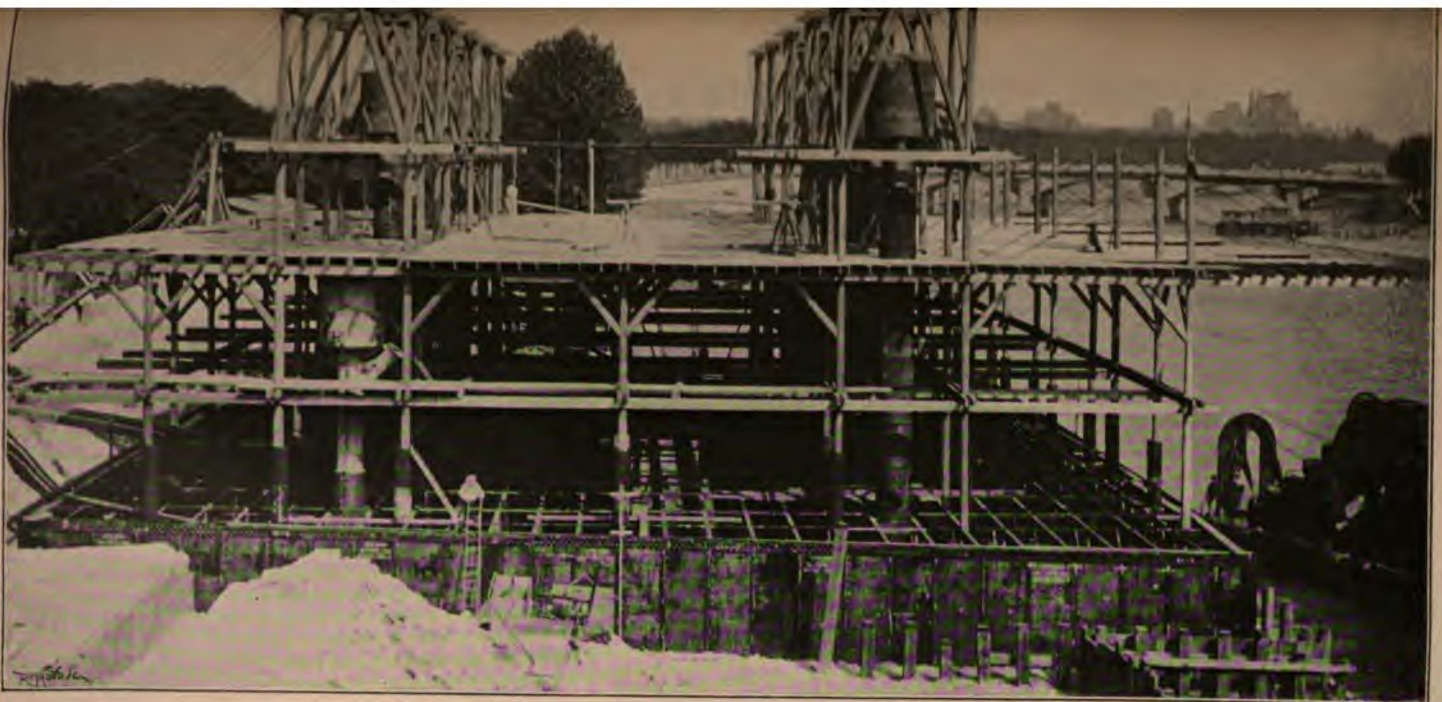
(*) Le cahier des charges avait prescrit qu'il y aurait dans chaque chambre, dont le nombre minimum devait être de quatre pour le grand caisson, au moins deux cheminées organisées pour livrer passage aux matériaux, l'une au moins devant pouvoir servir au personnel.



Annales des Ponts et Chaussées.

MONTAGE DU CAISSON DE LA RIVE DROITE

Gravure extraite de la *Revue illustrée de l'Exposition*.



VUE DU CAISSON DE LA RIVE DROITE A LA FIN DU MONTAGE

Gravure extraite de la *Revue illustrée de l'Exposition*.

raison de leur nombre, une gêne de longue durée ; c'est, de plus, une opération qui présente toujours quelque danger. Les entrepreneurs, tant pour réduire la durée du fonçage que pour s'affranchir des sujétions que les modifications de leurs installations auraient occasionnées au cours du travail, ont pris le parti d'établir, dès le début, toutes les cheminées avec toute la longueur nécessaire pour achever le travail.

Cette solution les a entraînés à établir, à 7^m,30 au-dessus du poutrellage du caisson, un plancher général sur lequel ont été posées des voies destinées à rouler les terres recueillies dans des wagonnets au sortir des sas.

L'échafaudage a pris appui sur le dessus des poutrelles du plafond ; il a d'ailleurs été combiné de manière à permettre l'établissement, à un niveau intermédiaire entre le plafond du caisson et le plancher supérieur, d'un second plancher dont le niveau correspondait au niveau supérieur des maçonneries à la fin du fonçage ; ce second plancher a servi de plancher de service pour l'exécution de ces maçonneries et pour le bétonnage de la chambre de travail.

Ces dispositions ingénieuses ont permis de réduire au minimum les mains-d'œuvre, le transport des matériaux et les changements d'installation pendant la descente du caisson.

Extraction de déblais. — L'évacuation des déblais a été opérée par deux procédés différents, qui ont été appliqués successivement.

Au début du fonçage, la paroi du côté du large a été tenue en porte-à-faux au-dessus du fond du fleuve ; les déblais ont été extraits par une drague dont l'élinde arrivait aussi près que possible de la paroi du caisson et fouillait le pied du talus des déblais.

Ce procédé a pu être appliqué pendant la descente sur

3m,50 de hauteur environ. Au-delà de cette profondeur, comme il était interdit aux entrepreneurs de fouiller le fond du lit de la Seine au-dessous de la cote (22,50), l'éboulement des déblais hors du caisson ne se produisait plus, et la drague devenait inefficace.

L'extraction a été faite alors par les procédés ordinaires au moyen des moteurs actionnés par l'air comprimé.

Parmi les huit sas munis de moteurs, six étaient du type créé Fives-Lille, et les deux autres du système Pellerin.

Les sas à déblais se vidaient directement dans des wagonnets circulant sur un système de voies posées sur le plancher supérieur des échafaudages; ce plancher comportait, au droit de chaque paire de sas, un encorbellement faisant saillie en avant du caisson, et les wagons étaient vidés au-dessus d'orifices ménagés dans ces encorbellements. On a essayé d'abord de charger directement des bateaux au moyen de couloirs placés au-dessous des orifices, mais ce procédé a été rapidement abandonné : la main-d'œuvre nécessaire pour régaler les déblais dans les bateaux était très onéreuse, elle était de plus très dangereuse, les ouvriers étant sans cesse exposés à recevoir le choc des parties dures des déblais qui ricochaient dans la chute.

Les déblais ont donc été simplement vidés dans le lit de la rivière et repris ensuite à la drague.

Alimentation en air. — L'air comprimé, nécessaire tant pour l'extraction mécanique des déblais que pour le renouvellement de l'air du caisson, a été pris directement sur la canalisation Popp. Des branchements en égout greffés sur la conduite maîtresse qui passe au pont de la Concorde ont amené l'air à proximité du caisson sur la rive droite et sur la rive gauche.

Sur chaque branchement ont été installés deux comp-

teurs et des robinets d'arrêt. Aux sorties des compteurs l'air pénétrait dans un réservoir en traversant un détendeur à ressort qui ramenait la pression, qui est de 5 kilogrammes dans la canalisation Popp, à la pression nécessaire soit pour faire marcher les moteurs, soit simplement pour alimenter le caisson. Sous ce réservoir, un fourneau permettait de réchauffer l'air pendant les temps froids, de manière à éviter la condensation dans les canalisations.

L'air comprimé était amené aux cloches par une conduite faisant le tour du plancher supérieur, conduite de laquelle partait, à chaque cloche, un branchement muni de robinets d'arrêt ; entre cette conduite et le réservoir, étaient intercalées deux conduites en tuyaux flexibles portées par une bielle, dont une des extrémités reposait sur le sol en un point fixe, et l'autre suivait les déplacements du plancher supérieur de l'échafaudage. L'alimentation pouvait ainsi toujours être assurée par l'une des conduites flexibles en cas de rupture de l'autre.

Éclairage. — L'éclairage électrique du caisson était imposé par le cahier des charges ; cet éclairage devait même être maintenu jusqu'à la fin du bétonnage. Les entrepreneurs avaient installé à cet effet une petite usine électrique qui, après quelques tâtonnements faits sur la rive droite, a fonctionné régulièrement sur la rive gauche dans les conditions suivantes :

Deux machines Raworth verticales à deux cylindres de 25 chevaux chacune, tournant à 500 tours par minute, actionnaient deux dynamos à courant continu. Un seul groupe suffisait pour l'éclairage, l'autre était en réserve.

La vapeur était fournie indifféremment à chacun des moteurs par deux générateurs, dont l'un en pression, et l'autre en réserve.

De cette manière, le service était assuré sans interruption pendant vingt-quatre heures, car il était toujours

possible d'entretenir et de réparer l'un des générateurs ou l'un des groupes de moteurs et de dynamos.

Le courant était distribué au moyen de trois lignes dont l'une pour le service du caisson et deux pour l'éclairage extérieur.

Le courant étant donné à 140 volts et les lampes à incandescence groupées par deux en série, le nombre des lampes dans l'intérieur du caisson était de 130 ; mais, en service courant, il n'y en avait guère plus d'une centaine allumées en même temps. Ces lampes étaient de 16 bougies chacune. A l'extérieur, l'éclairage sur la plate-forme d'évacuation des déblais était donné par des bouquets de quatre lampes à incandescence de 50 bougies chacune placées auprès de chaque sas. Ces bouquets étaient alimentés par l'une des lignes extérieures, l'autre servant pour l'éclairage du plancher inférieur.

La consommation journalière était de 2.000 hectowatt-heure en moyenne, dont 1.600 pour le caisson, et 400 pour l'extérieur. L'éclairage extérieur durant environ douze heures, la consommation pouvait s'élever à 1.200 hectowatt-heure pendant la nuit (prix de l'hectowatt-heure : 0,06).

Le cahier des charges avait imposé, en outre, l'éclairage permanent des orifices des cheminées par une lanterne avec une bougie en prévision des cas d'extinction de la lumière électrique et des paniques.

Contrôle de la descente du caisson. — En raison du système de construction du caisson dont le plafond était constitué par des poutres à travées solidaires, il y avait lieu de se préoccuper des déformations des sommiers intermédiaires dont les dénivellations pouvaient entraîner une fatigue considérable du plancher et occasionner des fissurations dans les maçonneries.

L'observation de ces déformations a été faite par des

opérations de nivellement quotidiennes, en relevant la cote de 18 points choisis aux abouts et au milieu de chacun des sommiers. Ces opérations permettaient de mesurer les descentes du caisson en même temps qu'on en suivait les mouvements et les déformations générales, mais elles n'offraient pas pour la conduite du travail une sécurité absolue; le brouillard empêchait quelquefois d'y procéder; en outre, ces opérations étaient assez longues par elles-mêmes, et elles ne pouvaient donner de résultat précis qu'à la condition que le caisson pût être considéré comme sensiblement immobile pendant leur durée; elles ne pouvaient rien donner pendant les mouvements de descente du caisson. Or c'était justement pendant ces descentes qu'il y avait le plus grand intérêt à éviter les déformations. Les entrepreneurs ont proposé, et nous avons accepté l'établissement à frais communs, dans la chambre de travail, d'un niveau d'eau général constitué par une conduite de plomb établie le long de la paroi du côté terre et portant un branchement le long de chacun des sommiers. Chaque branche était munie de burettes au milieu et aux extrémités; des robinets d'arrêt permettaient, en outre, d'isoler chacune d'elles, ce qui devenait nécessaire lorsque le caisson prenait une forte inclinaison de l'amont vers l'aval, ou inversement.

Des lectures faites sur les trois burettes d'une même branche on pouvait déduire la flèche et l'inclinaison du sommier correspondant; des lectures faites sur les burettes correspondantes de plusieurs branches on déduisait l'inclinaison générale du caisson.

Indépendamment des mouvements dans le sens vertical, le caisson a subi des déplacements horizontaux qui ont été observés au moyen de visées faites suivant des directions parallèles à l'axe longitudinal et à l'axe transversal du caisson. L'importance de ces déplacements n'étant pas considérable, les observations de cette nature

n'ont été faites qu'une fois par semaine en moyenne.

Procédés employés pour faire descendre le caisson. — Les moyens de contrôle que nous venons d'indiquer ont été complétés par diverses mesures de détail dans la conduite des travaux de terrassements. Lorsqu'on procédait à une opération de fonçage, les travaux d'évacuation des déblais étaient suspendus, et tous les ouvriers étaient exclusivement employés aux fouilles le long des sommiers; les terres provenant de ces fouilles étaient rejetées vers le milieu des chambres et reprises ultérieurement. Ces opérations ont presque toutes été faites en présence du chef de chantier ou de son suppléant pendant la nuit.

Pendant l'évacuation des déblais, il était rigoureusement interdit de fouiller au-dessous des sommiers, sauf aux points où se trouvaient des pieux à couper ou des pierres à retirer.

Pour provoquer le mouvement de descente du caisson, on ouvrait le long des parois extérieures et de chaque côté des sommiers intermédiaires des rigoles dont la paroi était tenue plus ou moins rapprochée des couteaux, selon la consistance des terrains; l'ouverture de ces rigoles déterminait un tassement du terrain sous les couteaux et un mouvement de descente du caisson.

Les rigoles étaient conduites en partant du milieu des sommiers et des parois amont et aval et en cheminant vers les parois parallèles à l'axe de la rivière; lorsque les rigoles étaient achevées dans la partie médiane des sommiers, on commençait à dégager aussi le milieu des petits côtés des chambres parallèles à la rivière.

Nous indiquons ainsi seulement le plan général suivi; dans les parties du terrassement qui ont été faites au début à l'air libre et, plus tard, dans les déblais qui s'asséchaient facilement, on pouvait procéder au fonçage en commençant par évacuer les déblais de la partie centrale

des chambres au-dessous du niveau des couteaux et en laissant subsister sous ceux-ci des banquettes qu'on enlevait en suivant le plan général indiqué par le creusement des rigoles. A ce plan on a dû apporter des modifications assez fréquentes suivant les circonstances, en raison des incidents qui obligeaient à fouiller par avance certaines longueurs sous les couteaux : ainsi, pendant la période d'évacuation des déblais par dragage, le couteau du côté du large n'étant pas soutenu, il n'était pas nécessaire d'ouvrir des rigoles le long des sommiers du côté du large au-delà de quelques mètres à partir du milieu ; dans le caisson de rive droite, plusieurs sommiers intermédiaires consécutifs se sont trouvés à certains moments affouillés sur près de la moitié de la longueur pour permettre le recépage des pieux engagés sous les couteaux, et il a fallu les soutenir par des calages.

La marche générale suivie, tant pour le creusement des rigoles que pour l'enlèvement des banquettes, était justifiée par le système de construction du caisson ; les variations dans les réactions du sol produites par l'ouverture des rigoles tendaient en effet à faire augmenter les réactions au droit des parties les plus robustes des sommiers où cette augmentation des efforts présentait le moins d'inconvénients.

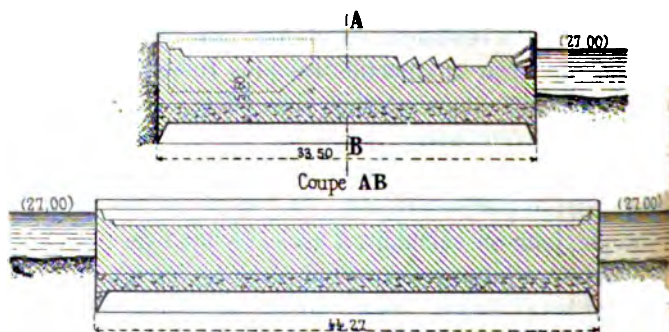
Pour régulariser la descente, on a également agi sur la charge portée par le caisson.

Chaque jour on calculait, d'après le cube de maçonnerie effectué et la pression de l'air dans le caisson, le poids porté par les couteaux ; on s'assurait, ainsi, des conditions générales de l'équilibre du caisson, de la nécessité de forcer ou le travail des maçonneries ou celui d'évacuation des déblais. On corrigeait en outre, par la distribution des charges, les effets que la lecture des flèches des sommiers permettait d'observer.

Ainsi, au début du fonçage, alors que le caisson repo-

sait sur des couches de remblais d'une consistance médiocre, il ne suffisait pas de ne pas ouvrir de rigoles du côté du large pour empêcher les sommiers de plonger vers la rivière ou de prendre des flèches importantes. Un peu plus tard, les frottements latéraux avaient une tendance à arrêter la descente des parois extérieurs d'amont et d'aval, tendance qui se manifestait par les contre-flèches de ces parois.

Ces divers effets de flexion ont été atténués par la disposition des charges. Les couches successives de béton ont été mises en place de la manière suivante. Au-dessus du plafond de la chambre de travail, on a commencé le bétonnage par une zone placée le long de la paroi du côté terre, parallèlement à cette paroi ; puis on a couvert entièrement le plafond des chambres amont et aval, on a attaqué ensuite de nouvelles zones parallèles à la première et on a conduit ainsi le bétonnage jusqu'à 6 mètres environ de la paroi côté rivière. En même temps, on commençait la deuxième couche du côté de la



paroi terre, et on la conduisait de la même manière en lui donnant une forme de fer à cheval. La même marche était suivie pour la troisième couche et pour les premières couches de maçonnerie jusqu'au moment où le couteau du côté du large avait atteint le fond de la rivière.

A partir de ce moment, les charges nouvelles, par suite de la nécessité, tant de soutenir les hausses que de charger les parois extérieures, étaient disposées par zones concentriques de la périphérie au centre.

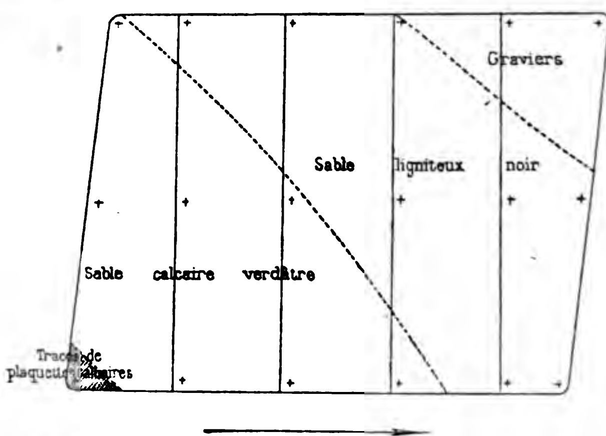
La partie du massif exécutée à la fin du fonçage présentait la forme indiquée sur les croquis ci-dessus représentant deux coupes passant par le milieu du caisson et parallèles, l'une à l'axe du pont, l'autre à celui de la voie navigable.

Obstacles et terrains traversés. — Les couches de terrains qui ont été rencontrées dans la descente ont été trouvées en concordance avec les indications des sondages, mais elles ont présenté une régularité d'allure que les sondages, dont les produits sont toujours plus ou moins mélangés ou dénaturés par les outils, n'auraient pas permis d'établir.

Sur la rive droite, la couche des alluvions anciennes était constituée par un banc de gravier à éléments moyens de 0^{m},80 environ d'épaisseur, nettement limitée, à la partie supérieure, à un banc d'argile pure avec lit de débris et, à la partie inférieure, à des plaquettes de calcaire glauconieux, de dureté et de dimensions variables par bancs, et formant une assiette générale rocheuse. Cette assise a été rencontrée à la cote (21,30) du côté terre et à (20,60) du côté rivière. Elle n'a pas été traversée; la dureté des plaquettes rencontrées était devenue telle du côté aval que, pour provoquer la descente du caisson, il fallait entailler le calcaire au burin sous le couteau. On s'est arrêté lorsque le couteau a atteint la cote (18,75) du Nivellement général de la France, c'est-à-dire à 0^{m},25 en contre-haut de la cote prévue au projet. Un sondage fait du côté d'amont, à 0^{m},80 en contre-bas du fond, accusait encore la même nature du terrain.

Sur la rive gauche, les alluvions supérieures se sont d'abord présentées sous forme de couches de sable gris ou jaune avec nombreux ossements et débris de poteries,

jusqu'à la cote (23,00) du Nivellement général de la France. Au-dessous de ces couches à ossements régnaient des bancs de sable et graviers d'épaisseur variable, agglutinés par place par un ciment calcaire, de manière à former une sorte de roche tendre blanchâtre. Ces alluvions se terminaient à la base par une couche très constante de sable limoneux gris assez fin avec un lit de limon gris coquillé. A la cote (21,80), immédiatement en dessous, on rencontrait le gravier des alluvions anciennes à gros éléments. Comme sur la rive droite, le gravier reposait sur des plaquettes calcaires à la cote (21,30) environ, mais seulement sur une partie de la surface du caisson. Au-dessus de ces plaquettes il n'avait qu'une épaisseur assez faible de 0,50 en moyenne; par contre, dans la partie où les plaquettes n'existaient plus, le gravier remplissait une poche profonde correspondant à un affouillement ancien



du fond du lit. Au-dessous des plaquettes existait partout un banc de sable verdâtre glauconieux coquillé contenant les éléments des plaquettes non cimentés, surmontant des sables ligniteux.

La figure ci-dessus représente, au niveau de la fondation,

la constitution du fond dans la surface du caisson RG.

La régularité des couches de terrains rencontrées a facilité la descente du caisson ; les seuls obstacles qui l'aient gênée ont été les pieux provenant des fondations du mur de quai de la rive droite et des massifs des pylones du pont de Navier. Ces pieux se sont trouvés au nombre de 300 dans le caisson de rive droite, au nombre de 110 dans le caisson de rive gauche. Ils étaient fichés dans le calcaire grossier ou dans les couches sous-jacentes et la pointe de leurs sabots avait atteint une cote voisine de la cote 19,50. L'état de conservation de ces pieux, en bois de chêne, était parfait.

Bétonnage dans les chambres de travail. — Le sol de la chambre de travail de la rive droite étant constitué par une sorte de dallage en plaquettes calcaires, on a d'abord débarrassé sa surface du sable un peu gras qui était interposé dans les joints. Après un grattage à vif et un balayage soigné, l'aspect du fond était celui d'une maçonnerie à très gros éléments.

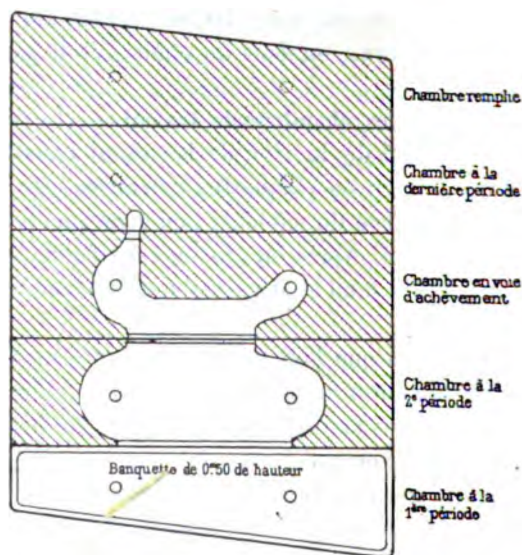
En même temps que l'on faisait la toilette du fond, on procédait également à celle des cheminées et du caisson dont les fers étaient lavés, brossés à la brosse de fil de fer et badigeonnés avec un coulis de ciment ; les rigoles étaient ensuite garnies de sable propre.

Ce n'est qu'après cette série d'opérations que le béton était introduit et disposé sur le fond préalablement garni d'une couche de mortier.

Tout d'abord, on a établi des banquettes le long des parois et des sommiers pour asseoir le caisson ; on a ensuite rempli les chambres successivement en battant en retraite de l'une dans l'autre, d'après le plan indiqué ci-après. Cette marche a permis de conserver l'éclairage électrique jusqu'à la fin des opérations.

Le béton était disposé en talus à gradins de $0^m,40$ de

hauteur environ. Entre le dernier gradin et le plafond, on avait soin de laisser un intervalle dans lequel, lorsque le béton avait commencé à se raffermir soit par dessiccation, soit par l'effet de la prise, on venait serrer avec des bourroirs une petite quantité de béton frais additionné de mortier. Avec ces outils, simples barres de bois arrondies à une extrémité pour former manche, et taillées en sifflet à l'autre, on comprimait cette couche supérieure de béton jusqu'à ce qu'elle ne se laissât plus pénétrer.



La fermeture d'une chambre était obtenue en refoulant, par-dessous l'âme de la membrure supérieure des sommiers, du mortier, puis des cailloux introduits un à un comme des garnis pour boucher les vides. On n'arrivait néanmoins pas à garnir intégralement l'âme jusqu'à sa partie supérieure; les cavités ainsi abandonnées avaient environ la grosseur d'une tête humaine, et on reconnaissait leur existence au son, en frappant sur l'âme.

Sur la rive gauche, le fond était sablonneux ; on s'est contenté de le damer soigneusement et de répandre, au dessus, du mortier avant la pose du béton. On a procédé pour les autres opérations comme sur la rive droite ; on a simplifié et amélioré la fermeture des chambres en garnissant préalablement l'âme de la membrure supérieure des sommiers au droit de l'orifice de fermeture, au moyen d'un prisme de béton qui tenait par adhérence au plafond et à l'âme. De cette manière, le vide restant à remplir, limité à un plan incliné à 45° vers la chambre de retraite, pouvait être bourré intégralement.

La dernière opération du bétonnage a été l'obturation des cheminées. Il convenait d'obtenir dans ce travail une très grande étanchéité : la surface des sections des dix cheminées étant en effet considérable, l'arrivée de l'eau par le fond pouvait entraîner de très lourds épuisements pendant l'achèvement des maçonneries à l'air libre au-dessus de la chambre de travail, maçonneries qui devaient se poursuivre plusieurs semaines en contre-bas du plan d'eau après la fin du fonçage.

Les entrepreneurs ont réussi à obtenir un degré d'étanchéité très satisfaisant de la manière suivante : dans chaque cheminée, au-dessus du béton qui dépassait de 0m,10 le niveau du plafond, on a versé d'abord un coulis de ciment pur jusqu'à refus de pénétrer. Sur ce coulis, après sa prise, on a posé à bain de mortier un tampon en bois circulaire serré avec des coins, puis on a versé un second coulis et rempli la cheminée de béton gras jusqu'à 0m,60 en contre-bas de la couronne de boulons fixant la partie supérieure de la cheminée.

Aussitôt que le coulis de ciment a été introduit dans la dernière cheminée, on a reconnu que l'étanchéité était réalisée par la chute de la consommation d'air.

La pression a été maintenue pendant quarante-huit heures après la fin du remplissage des chambres pour pré-

venir le délavage du béton ; on a procédé enfin au démontage des cheminées, à l'enlèvement des sas et des échafaudages.

Durée des travaux. — L'adjudication des travaux de fondation a eu lieu le 25 février 1897 ; elle a été approuvée le 27 du même mois. Le délai d'exécution fixé par le cahier des charges était d'une année à partir de la date de l'ordre de service prescrivant de commencer les travaux, lequel a été délivré le 13 avril 1897, après la déviation des tramways sur le cours la Reine.

Les travaux préparatoires ont commencé immédiatement et le montage du caisson de rive droite a été entrepris dès le 28 mai, après l'enlèvement des murs de quai, le remblaiement de la fouille et l'établissement de la plate-forme en rivière. Le montage du caisson était entièrement achevé dans les premiers jours de juillet, et son équipement les premiers jours d'août.

Pendant la durée de l'abaissement annuel du plan d'eau, le caisson a été foncé à l'air libre jusqu'à la cote (26,00) du Nivellement général de la France, et le bétonnage au-dessus du plafond a commencé le 11 août. L'air comprimé a été envoyé dans le caisson dans la matinée du 20 août, et le fonçage proprement dit a commencé aussitôt. Cette opération a duré du 20 août au 24 octobre, soit exactement soixante-quatre jours, pendant lesquels le caisson s'est enfoncé de la cote (25,80) à la cote (18,75), soit de 7,05, soit en moyenne de $0^{m},11$ par jour. Vingt-quatre heures après la fin du fonçage, le bétonnage du fond a été entrepris et a duré quatorze jours, jusqu'au 7 novembre. Le 9 novembre, l'admission de l'air comprimé a cessé, et on a procédé immédiatement à l'enlèvement des échafaudages. La durée totale du travail à l'air comprimé a été ainsi de soixante-dix-neuf jours.

Les travaux de préparation sur la rive gauche ont été entrepris au mois de juin 1897, et le caisson mis en mon-

tage à la fin de juillet. Ce montage était terminé le 10 septembre. Le caisson n'a pu être équipé qu'après l'achèvement du fonçage de celui de la rive droite, c'est-à-dire à partir du milieu de novembre. Cet équipement était achevé à la fin du mois de décembre, et le fonçage a commencé immédiatement après les fêtes du jour de l'an, le 3 janvier 1898. Comme sur la rive droite, on a commencé par faire descendre à l'air libre le caisson jusqu'à la cote (26,40), en même temps que l'on commençait le béton sur le plafond. L'air comprimé a été envoyé dans la chambre de travail le 15 janvier, et le fonçage proprement dit a commencé ; cette opération a duré du 15 janvier au 13 mars, avec une interruption de trois jours, du 6 au 9 mars, en raison des menaces d'inondation. Pendant cette période de cinquante-sept jours le caisson est descendu de la cote (26,23) à la cote (19,40), soit de 6,83 avec une moyenne journalière de 12 centimètres. Cette moyenne s'élève à 0,126, si l'on tient compte de l'arrêt de trois jours occasionné par les menaces de crue.

Le bétonnage du caisson de rive gauche a été entrepris le 14 mars et terminé le 26.

La durée totale du travail à l'air comprimé a été de soixante-et-onze jours sur la rive gauche.

Sur les deux graphiques (Pl. 8), on a indiqué jour par jour les éléments divers qui peuvent intéresser l'histoire du travail. Nous n'entrerons pas dans de plus amples détails.

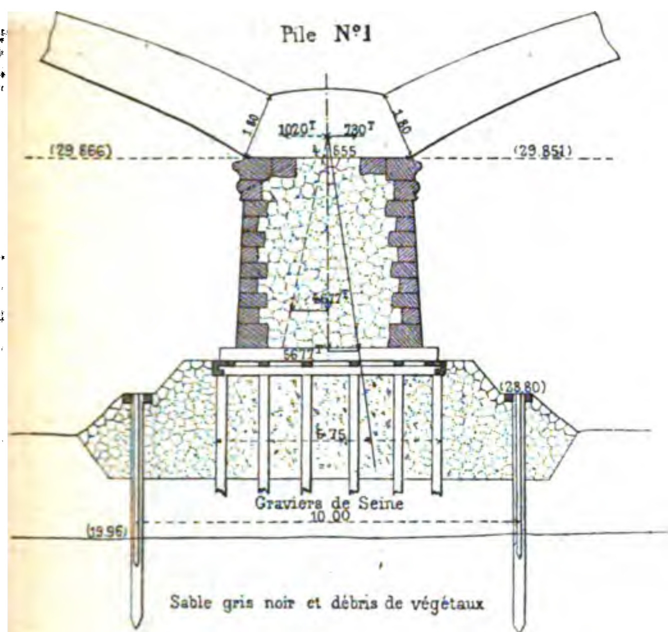
Le fonçage des caissons est une opération qu'on peut considérer comme terminée. Elle s'est effectuée sans incidents, mais grâce à une surveillance minutieuse et délicate qui a demandé beaucoup d'efforts de la part du personnel chargé de l'exercer. Cette surveillance n'a pas duré moins de cent-cinquante journées en deux périodes, d'une manière ininterrompue, le jour et la nuit.

La conduite de ces travaux pénibles a été confiée à

M. Lavallez, conducteur des Ponts et Chaussées, chef de chantier, qui a été secondé, pour le service de nuit et pour les opérations de la surveillance des caissons, par MM. Grimaud et Retraint, conducteurs chargés plus spécialement du service des études, et par MM. Courtin, conducteur, et Mauny, commis des Ponts et Chaussées.

NOTE ANNEXE N° I.

Pile n° 1 du pont des Invalides.



Charge sur les fondations, 4.677 tonnes.

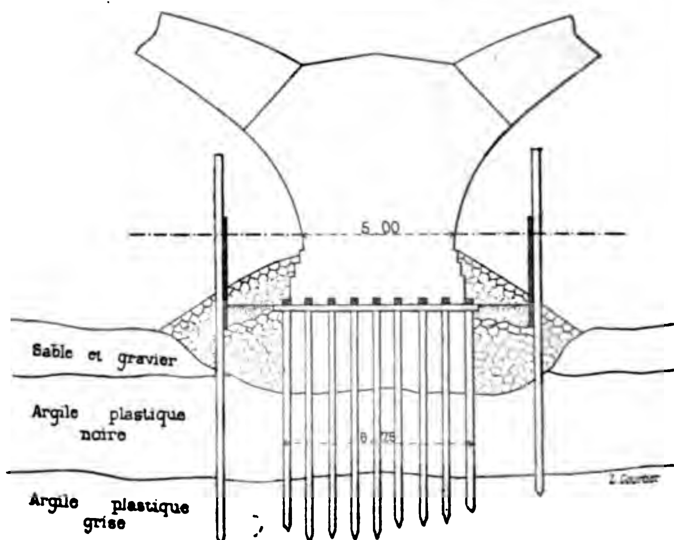
Les flèches dans les arches n° 1 et n° 2 de l'ancien ouvrage ayant 1 mètre de différence, il en résultait, sous l'effet de la charge permanente, une poussée du côté du large d'au moins 1.020 tonnes.

L'effet de cette poussée était de réduire la base d'appui utile sur le plancher à 4 mètres de largeur ; en supposant que la longueur utile était, avant-bec compris, de 22 mètres, on obtient comme surface d'appui 22 $\times$ 4, soit 88 mètres carrés, ce qui donne par centimètre carré une pression moyenne de $\frac{4.677.000}{880.000}$,

soit 5kg,3 ; la pression sur l'arête de renversement était le double de cette pression moyenne.

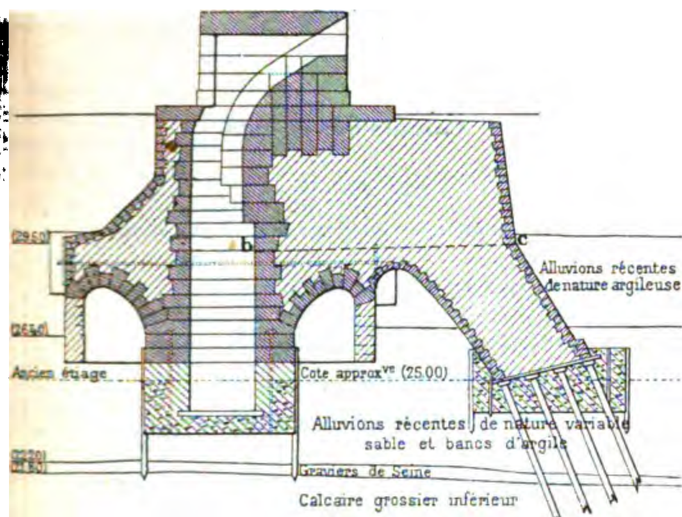
Aujourd'hui, par suite de l'augmentation de la flèche de l'arche de rive, la différence n'est plus que de 0m,77, et la poussée vers le large n'atteint guère que 730 tonnes; d'autre part, le cube des maçonneries de la pile a été augmenté de plus de 700 mètres cubes, et le poids correspondant de près de 1.000 tonnes; la base d'appui comprend toute la surface de la fondation élargie, soit 2.200.000 centimètres carrés, et la pression moyenne est voisine de 2kg,6, la pression maximum approchant de 3kg,25.

Pile du pont de l'Alma.



La surface de sous-sol intéressée au pont de l'Alma peut être considérée comme ayant sous chacune des piles 27 mètres de long sur 12 mètres de largeur. En supposant une charge verticale de 7.000 tonnes, la pression moyenne ressort à 2,4. Il est difficile, étant donnée la nature de la fondation sur enrochements, consolidée par des injections de mortier, de faire une hypothèse sur la transmission des efforts.

Culée du pont suspendu de l'Esplanade.



La charge permanente du pont était évaluée à 3.896 kilogrammes par mètre courant de pont, et la charge totale à 5.593 ; le rapport de ces deux charges était de 0,696.

Sous la charge totale la pression sur les pylones d'appui, d'après Navier, devait s'élever à 1.148 tonnes; la pression due à la charge permanente seule aurait été de 1.148 × 0,696, soit 800 tonnes en chiffres ronds par culée, soit 400 tonnes pour chaque massif. En ajoutant à cette charge le poids des maçonneries évalué à 510 tonnes, on arrive à une charge de 26 tonnes pour chacun des 35 pieux et à 3 kilogrammes par centimètre carré de terrain.

La pression exercée sur chaque arc-boutant devait être de 1.042 tonnes × 0,696, soit de 720 tonnes, auxquelles il convient d'ajouter 120 tonnes pour le poids propre de ces arcs-boutants.

D'après les dessins, chaque arc-boutant s'appuyait sur un massif butté au moyen de 16 pieux battus avec une inclinaison de 40 0/0 sur la verticale. La charge de ces pieux dépasse 50 tonnes ; la pression moyenne rapportée à la surface du sol dépasse 4kg,66.

Le trait *bc* du dessin ci-dessus représente la ligne de rupture du massif d'ancrage.

NOTE ANNEXE N° II.

Calculs des efforts.

Base des calculs.

Poids de la maçonnerie de moellon..... 2.400 kilog.
Poids du béton....................... 2.300
Poids de la maçonnerie de pierre de taille granitique......................... 2.600
Poids du lest (gravier et sable mouillés). 1.900

Efforts transmis par le pont.

			Chiffres ramenés à un élém[ent] de 1 mètre de largeur
Poussée maximum d'un arc	charge permanente 621.203 surcharge 262.660	883.863	
Poussée maximum due à l'ensemble des arcs	14 × 262.660 = 3.677.240 14,5 × 621.203 = 9.007.444		204^{T},71
		12.684.684	288 ,28
Poids du tablier du pont............		2.180.590 kilog.	49 ,55
Poids de la surcharge..............		860.000	19 ,54

Évaluation du poids des massifs de chacune des culées.

Fers du caisson............... 350^{T},000 Béton...... 5.117 × 2.300 = 11.769.100		12.119.100	275 ,434
Maçonnerie ordinaire. 7.223^{mc},5 × 2.400 =		17.336.400	394 ,080
Maçonnerie de pierre de taille granitique.	Libages.. 298^{mc},5 × 2.600 = Parement 65 × 2.600 =	776.100 169.000	21 ,480
Lest dans les évidements. 1.398^{mc} × 1.900 =		2.656.200	60 ,368
Arcades et murs supportant le tablier du viaduc		379.940 339.944 379.940	24 ,996
Tablier du viaduc........................		450.384 335.280 390.192	26 ,724
Mur de fond du passage des tramways	Maçonnerie..... Tablier........	1.467.840 264.000	39 ,360
	Total des poids.............		850^{T},854

Perte de poids dans les eaux ord.	33.50× 7^{m},50×1.000=	251^{T},250
— hautes eaux.	33.50×10 ,00×1.000=	335 ,000
Différence ou poids de la culée	en eaux ordinaires..	599 ,604
	en hautes eaux......	515 ,854

Avec ces divers éléments il est facile de se rendre compte d'abord de la stabilité générale de l'ouvrage, ensuite des efforts développés en certains points particuliers.

Pour étudier la stabilité générale, le massif des culées étant supposé résister par le simple effet du frottement, il convient de comparer la poussée totale aux charges verticales dans les diverses hypothèses à examiner.

Ces diverses hypothèses sont résumées au tableau suivant. — Dans ce tableau, aussi bien que dans l'épure, on a considéré une tranche de la culée de 1 mètre de largeur. On a été ainsi amené à diviser par 44 les poussées et poids totaux évalués plus haut.

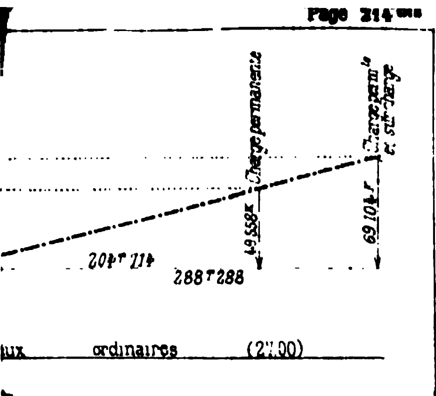
DÉSIGNATION DES HYPOTHÈSES		POUSSÉE	POIDS de la culée	POIDS du pont	TOTAL	$\frac{Q}{P}$
1er Cas : En eaux ordinaires, cote 27,00	Pont sans surcharge ..	204.714	599.604	49.558	649.162	0.32
	Pont avec surcharge ..	288.288	599.604	69.104	668.708	0.43
2e Cas : En eaux de crue	Pont sans surcharge ..	204.714	515.854	49.558	565.412	0.36
	Pont avec surcharge ..	288.288	515.854	69.104	584.958	0.49

Sur l'épure (page 214 *bis*) on a représenté la courbe des pressions qu'on obtient en composant la poussée avec le poids des parties des massifs qui sont appareillées en voûtes. Les poids et la poussée ont été calculés pour une section de 1 mètre faite dans la culée. On a également composé le poids total de la section avec la poussée de l'arc, de manière à déterminer la direction et le point de passage de la résultante de tous les efforts supportés par la culée et de calculer la pression sur la base d'appui, dans les diverses hypothèses considérées.

DÉSIGNATION DES HYPOTHÈSES		PRESSION sur les faces d'appui des coussinets	PRESSION à l'arrière des libages			PRESSION sur le massif central			PRE[illegible]	
			Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne	[illegible]
1er Cas : En eaux ordinaires, cote 27,00	Pont sans surcharge.	34k,13	7.89	14.12	1.66	3.83	7.66	0	1.94 *1.81*	[illegible]
	Pont avec surcharge.	48 ,56	10.84	16.41	5.27	4.08	8.16	0	2.00 *1.87*	[illegible]
2e Cas : En eaux de crue	Pont sans surcharge.	34 ,13	7.72	12.19	3.25	2.93	5.86	0	1.69 *1.58*	[illegible]
	Pont avec surcharge.	48 ,56	10.70	18.02	3.38	3.52	6.51	0.53	1.75 *1.66*	[illegible]

Les chiffres de la dernière colonne ont été calculés d'abord sans tenir compte de la fondation sur pieux du mur de fond du passage des tramways ; les premiers chiffres sont évidemment trop forts; — les chiffres en italique ont été calculés en comprenant dans la base d'appui la surface intéressée par cette fondation; ils sont plus près de la réalité.

Il convient, d'ailleurs, de remarquer que, sous son propre poids, la culée exerce une pression verticale qui est d'environ 1kg,79 par centimètre carré. L'effet produit par la mise en place du tablier et par la surcharge sera d'augmenter cette pression de 1kg,29 au plus par centimètre carré, dans l'hypothèse la plus défavorable au point le plus chargé.


Charge permanente
Charge perm.te et surcharge
49 558k
69 104 k
204 t 214
288 t 288
ux ordinaires (2700)

1
1er En eaux cote
2e En eau

N° 7

NOTES

SUR LA

CONSTRUCTION DU VIADUC DU VIAUR

(LIGNE DE CARMAUX A RODEZ)

Par M. DE VOLONTAT, Ingénieur en chef,
et M. THÉRY, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

PREMIÈRE PARTIE.

DISPOSITIONS D'ENSEMBLE.

CULÉES EN MAÇONNERIE. — ÉCHAFAUDAGE (*).

Historique. — La décision du 24 décembre 1881, approuvant le projet de tracé et de terrassements de la ligne de Carmaux-Rodez (partie comprise entre la Cabane et les Peyrouniès), indique pour la traversée de la vallée du Viaur un ouvrage à grande portée et à grande hauteur, analogue au viaduc de Garabit. Tout en étudiant cette solution, les Ingénieurs du service examinèrent plusieurs avant-projets (poutres droites de diverses portées et à 3, 4, 5 ou 7 travées; viaduc genre Garabit; viaduc genre viaduc Seyrig sur le Douro à Porto). La comparaison de ces avant-projets conduisit à étendre encore les études en mettant l'ouvrage au con-

(*) Les travaux de construction du viaduc du Viaur feront l'objet de notes successives insérées aux *Annales* au fur et à mesure de l'avancement des travaux.

cours entre les meilleurs constructeurs de France. Huit projets furent présentés. Seuls les projets de la Maison Daydé et Pillé à Creil et de la Société de construction des Batignolles sortaient des dispositions déjà vues. La Société des Batignolles fut déclarée adjudicataire. Son ouvrage se composait d'un arc à trois articulations de 250 mètres d'ouverture, en partie équilibré par des encorbellements et réuni aux culées en maçonnerie par de petites travées indépendantes. Le montant du projet était de 1.860.000 francs.

A la suite de quelques modifications prescrites par les décisions ministérielles des 19 mars 1891 et 23 mars 1892 (abaissement des semelles supérieures de l'arc au niveau de la voie, appareils de visite et d'entretien, modification du tablier, application du règlement du 29 août 1891 au calcul de l'ouvrage), le projet d'exécution s'éleva à 3.000.000 francs. Lors de la vérification de ce projet, M. l'Ingénieur Théry montra qu'en diminuant l'ouverture de la travée centrale et augmentant convenablement les encorbellements, on pouvait réduire la dépense d'environ 600.000 francs, tout en ayant un ouvrage répondant mieux aux nécessités définitives de la situation (avant-projet avec ouverture centrale de 213 mètres). Un deuxième projet d'exécution fut donc étudié par la Société des Batignolles. Le montant en est de 2.450.000 francs environ. Il a été approuvé par une décision ministérielle du 8 avril 1896, et c'est cet ouvrage, aujourd'hui en construction, sur lequel quelques renseignements vont être donnés.

Dispositions générales. — Le viaduc du Viaur présente en élévation et en plan les dispositions des croquis *fig.* 1, 2 et 3 (Pl. 9).

Il se compose d'une travée centrale en forme d'arc de 220 mètres d'ouverture et de deux travées de rive constituées partie par un encorbellement solidaire de la travée

centrale et partie par une travée de raccordement, appuyée d'un côté sur l'extrémité de l'encorbellement et de l'autre sur une arrière-culée en maçonnerie. L'ouverture de chaque travée de rive est de 95 mètres, dont 26 pour la travée de raccordement, de sorte que la longueur entre les arrière-culées est de 410 mètres. Les arrière-culées ont, comme longueur : celle de Carmaux, 21 mètres ; celle de Rodez, 29 mètres ; ce qui porte la longueur totale de l'ouvrage à 460 mètres. La hauteur du rail au-dessus du fond de la vallée est de 116 mètres.

Dans son ensemble, l'ouvrage comprend deux fermes principales supportant la voie à leur partie supérieure et butant à leur partie inférieure, par l'intermédiaire d'articulations, contre des culées en maçonnerie encastrées dans le rocher.

Chaque ferme principale se trouve divisée en deux parties symétriques par une articulation placée à la clef.

La flèche de la travée centrale, mesurée entre l'axe d'articulation de la clef et l'horizontale passant par les axes d'articulation des naissances, est de $53^{m},731$.

En coupe transversale, les fermes sont inclinées de 25 0/0 sur la verticale (*fig.* 4) ; la distance d'axe en axe des fermes à la partie supérieure est de $5^{m},89$, et celle d'axe en axe des retombées des naissances atteint $33^{m},39$. La *fig.* 4 donne la section transversale de l'ouvrage à l'aplomb des axes des retombées.

A la partie supérieure, les deux fermes sont reliées par des pièces de pont qui supportent les diverses pièces du plancher et la voie. Sur le restant de la hauteur, la liaison est établie par des entretoises horizontales et des contreventements verticaux.

Dans le plan des semelles inférieures, les fermes sont reliées entre elles par des contreventements à entretoises et croix de Saint-André (*fig.* 3).

Chaque demi-ferme se compose d'une semelle supérieure

rectiligne et d'une semelle inférieure polygonale, toute deux à âmes doubles, reliées entre elles par des barr obliques et des montants formant les tympans. Elles comportent pas de barres surabondantes. Les axes d barres constitutives de la ferme aboutissant à un mêm nœud se rencontrent en un même point ; ces axes co respondent d'ailleurs aux fibres moyennes des barres.

Nature des matériaux. — Les diverses parties constituant la charpente métallique du pont seront :

1° En *acier laminé*, pour les fermes, les pièces de pont, longerons et entretoises, contreventements et garde-corps ;

2° En *fer*, pour la travée de raccordement, les rivets, les pièces du plancher, les passerelles et échelles de visite et d'entretien du pont.

Culées. — Les culées supportant les retombées des arcs se composent chacune de deux massifs isolés l'un de l'autre, par suite de la grande largeur de la partie métal-lique aux naissances.

Ces deux massifs sont symétriques par rapport à l'axe du tablier et présentent les dispositions des *fig.* 5 et 6. Afin d'abaisser à une limite convenable les pressions sur la maçonnerie de moellons bruts, il a été prévu trois assises de pierres de taille. Les pierres d'une même assise sont reliées entre elles par des agrafes en fer scellées au plomb.

Bien que l'empatement donné aux fermes de l'arc, entre les appuis d'une même culée, assure un coefficient de stabilité supérieur à 1, même sous l'action des vents les plus violents, il a été prévu un ancrage de ces fermes sur les maçonneries.

Ces ancrages, ainsi que ceux des plaques d'appui, sont formés de tiges rondes, solidement reliées à des poitrails

fer, noyés dans les maçonneries et s'appuyant eux-mes sur d'autres poutres en fer disposées transversale-nt et destinées à établir une complète solidarité entre fermes métalliques et les massifs qui les supportent. e galerie voûtée permet, pour chaque massif, l'accès à crage de la ferme.

Les pressions maxima auxquelles les matériaux des lées pourront être soumis sont :

Au contact de la plaque d'appui et de la pierre de taille	36 kilog.
Au contact de l'assise inférieure de la pierre de taille et de la maçonnerie de moellons bruts	12 —
Sur le sol des fondations	7 —

Arrière-culées. — Les arrière-culées se composent ne de deux, l'autre de trois voûtes de 7 mètres d'ou-rture. Elles ne présentent rien de particulier qui mérite tre signalé.

Avancement et exécution des travaux. — *Maçonneries.* On a exécuté à l'heure actuelle les quatre massifs rmant les deux culées de l'arc.

Les matériaux employés à l'exécution de ces maçon-ries sont :

1° Le sable du Viaur ;

2° La chaux du Teil (ficelle blanche) ;

3° Le ciment Vicat ;

4° Les gneiss des carrières ouvertes à proximité de uvrage, pour la maçonnerie de blocage ;

5° Le calcaire de Bruniquel, pour les maçonneries de rement ;

6° Le granit de Saint-Salvi, pour les sommiers de ierre de taille.

Le ciment n'a été employé que pour la maçonnerie de

et en les appuyant l'une contre l'autre et contre le pylône n° 2, tandis que des arcs-boutants convenables s'opposent aux renversements ou aux ruptures.

Cette opération terminée, les palées sont redressées successivement à l'aide des chèvres et entretoisées entre elles.

Le montage de la deuxième palée se fait en mettant en place une pièce après l'autre.

Ces quatre palées montées, les chèvres sont amenées dans l'inclinaison convenable au montage de la 1re palée par une simple rotation sur leur base, et les treuils Bernier sont déplacés pour occuper la position qui leur convient. La première palée, qui a été préalablement assemblée au pied de la charpente dans la position indiquée en pointillé sur la *fig.* 11, est alors enlevée verticalement et mise en place en bloc, puis l'étage est moisé et entretoisé longitudinalement ; après quoi, les deux chèvres sont montées elles-mêmes sur l'étage qui vient d'être édifié et ramenées en arrière pour la construction de l'étage correspondant des autres pylônes.

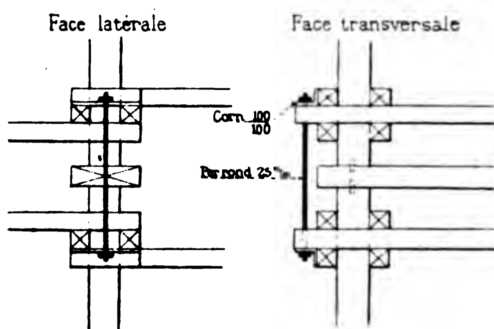


Fig. *a*.

Pour s'opposer au renversement transversal des étages, les palées de deux étages consécutifs sont rendues solidaires à l'aide de tirants en fer réunissant les entre-

ises supérieures et inférieures de chaque palée. Des
nons en fer rond, de 4 centimètres de diamètre et de
centimètres de longueur, réunissent le pied et la tête
chaque palée à la semelle horizontale formant chapeau
la palée inférieure. Ils s'opposent ainsi au glissement
g. a).

Albi, le 8 mars 1898.

N° 8

DE L'EMPLOI DES BOULONS A CHARNIÈRE

POUR MAINTENIR

LES OBTURATEURS AMOVIBLE

DE CERTAINS RÉCIPIENTS DE VAPEUR

Par MM. E. POLONCEAU et C. WALCKENAER,
Membres de la Commission centrale des machines à vapeur.

Le 28 janvier 1897, dans une fabrique d'engrais sise Boesse (Deux-Sèvres), un couvercle maintenu par de boulons à charnière, qui fermait l'orifice de déchargeme d'un récipient de vapeur, s'est violemment détaché; l'ouvrier chargé de la conduite de l'appareil a été tué sur l coup, un autre ouvrier grièvement blessé.

Cet accident redonne une malheureuse et pressant actualité à la question des dangers que présente l'empl des boulons à charnière pour maintenir les obturateur amovibles de certains récipients de vapeur. Une premièr étude sur ce sujet, présentée par M. l'ingénieur en che des Mines Olry et par l'un des auteurs de la présent note, a été publiée par les *Annales des Mines* au commencement de 1891 (*). Tant par l'examen de se accidents survenus d'octobre 1888 à septembre 1890 que par le compte rendu d'expériences directes, cett étude met en évidence l'instabilité des joints obtenus a moyen de boulons à charnière disposés sans précaution spéciales ou appliqués à des obturateurs dont la rigidit laisse à désirer. Comme conclusion, elle recommande, si

(*) 8ᵉ série, t. XIX, p. 133 et suiv.

l'on croit devoir conserver les boulons à charnière, quelques dispositions propres à éviter, le plus possible, la déformation des bords des couvercles et l'échappement des boulons; « mais, y est-il dit, le mieux encore sera de renoncer aux boulons à charnière et de les remplacer par des boulons ordinaires traversant les bords de la bride fixe et du couvercle mobile. Celui-ci sera ainsi retenu sur la périphérie par le corps même des boulons, et non plus seulement par la pression des écrous. Si les manœuvres y perdent en rapidité, la sécurité y gagnera, et c'est là le point essentiel. »

Ce conseil peut être suivi et doit l'être dans un certain nombre de cas. Dans d'autres la rapidité des manœuvres est si nécessaire qu'on ne peut espérer voir l'industrie s'accommoder des boulons ordinaires passés dans des trous. A moins de changer radicalement le mode de fermeture, ce qui soulève d'autres questions techniques dans l'examen desquelles nous n'entrerons pas ici, l'on est donc conduit, pour certaines applications, à conserver, autant que possible, le système des boulons à charnière. Mais cela n'est permis qu'à la condition d'améliorer les dispositions des couvercles et le détail des assemblages, de manière à concilier l'emploi de ces boulons avec les exigences supérieures de la sécurité.

Faute de ces améliorations nécessaires, la construction des appareils reste vicieuse et les accidents se succèdent. La première étude, à laquelle les circonstances nous obligent à donner une suite, s'arrêtait à l'accident survenu, le 24 septembre 1890, dans une fabrique d'indiennes à Amfreville-la-Mivoie. Dès le surlendemain 26 septembre, le couvercle d'un récipient à débouillir les cotons, qui fonctionnait dans une teinturerie, à Thizy (Rhône), était violemment projeté en l'air, et cette explosion, dans ses traits essentiels, reproduisait une des précédentes, celle qui avait eu lieu, le 1er juin 1889, dans un atelier de tis-

sage de cotons à Saint-Dié. La cause en était la rupture des attaches mêmes reliant le couvercle à la cuve. Mais ce sont surtout les accidents dans lesquels les attaches lâchent prise, en se renversant autour de leurs charnières, que notre étude a en vue. Depuis la première publication, il a été rendu compte à l'Administration des Travaux publics de huit cas nouveaux où des obturateurs de récipients de vapeur, se déformant ou se brisant, se sont dégagés de leurs attaches articulées qu'ils ont renversées sans les rompre (*). Ces huit accidents ont fait trois morts et occasionné des blessures à dix-neuf personnes. Six d'entre eux, dont deux ont entraîné mort d'homme, ont affecté des récipients dont le couvercle était formé d'une tôle insuffisamment bombée, non raccordée suivant une courbe progressive avec la partie cylindrique, armaturée à sa périphérie par une couronne de fonte ou par un cercle en fer de mauvaise forme, et dont les boulons à charnière, agissant en porte-à-faux, tendaient à infléchir, à déformer cette armature périphérique. Les deux autres, qui ont occasionné une mort et plusieurs blessures, ont porté sur des obturateurs tout en fonte.

Nous donnons ici la liste de ces différents accidents, avec l'indication sommaire de leurs conséquences ; nous résumerons ensuite les circonstances caractéristiques de chacun d'eux.

(*) Nous faisons abstraction, dans ce travail, d'un accident survenu le 7 septembre 1891, dans une distillerie, à Bône (Algérie). Cet accident a consisté dans la rupture d'un couvercle en tôle de cuivre, à couronne périphérique en fonte, qui fermait un récipient de vapeur servant d'appareil de distillation. Mais les attaches ne consistaient pas en boulons à charnière ; elles étaient constituées par trois boulons ordinaires, passés dans des trous, et deux serre-joints supplémentaires en forme de mâchoires. Aussi bien ne sont-ce point ces attaches qui ont lâché. La couronne de fonte est restée en place, et l'accident a consisté dans la déchirure de la tôle de cuivre le long de la rivure circulaire qui la réunissait à cette couronne. Cette tôle était d'épaisseur trop faible, et l'état d'entretien était défectueux.

CATÉGORIES D'ACCIDENTS	DATE	LIEU	CONSÉQUENCES DE CHAQUE ACCIDENT
Rupture des attaches	26 septembre 1890	Teinturerie à Thizy (Rhône)	Deux ouvriers légèrement blessés ; démolition de la toiture métallique de l'atelier et bris de la tuyauterie.
Départ d'un couvercle, avec renversement, sans rupture, des boulons à charnière qui le maintenaient — Couvercle en tôle de cuivre ou de fer, armaturé au pourtour	24 juin 1891	Brasserie à Paris	Un ouvrier brûlé mortellement, un grièvement ; dégâts à la toiture de l'atelier.
	27 avril 1892	Filature de ramie à Entraigues (Vaucluse)	Sept personnes blessées légèrement ; plancher du premier étage de l'atelier démoli sur 30 m² et toiture sur 40 m².
	26 avril 1893	Teinturerie à Roanne (Loire)	Un ouvrier tué sur le coup, un blessé d'une manière grave, deux légèrement. Dégâts importants ; renversement d'un mur de 10 metres de long et de la toiture qu'il supportait. Le couvercle a été projeté à 90 mètres.
	14 décembre 1893	Distillerie locomobile à Grésy-sur-Isère (Savoie)	Un ouvrier grièvement brûlé ; le couvercle a été projeté sur la toiture d'un hangar distant de 10 mètres.
	22 octobre 1894	Distillerie locomobile à Issoudun (Indre)	Le couvercle a été projeté à 30 mètres ; pas d'accident de personnes.
	24 octobre 1894	Même appareil à Ste-Lizaigne (Indre)	Couvercle projeté à 40 mètres.
Couvercle en fonte	11 mai 1894	Manufacture de caoutchouc aux Lilas (Seine)	Quatre ouvrières blessées, dont l'une parce qu'elle fit une chute en fuyant au bruit de l'accident ; une cloison renversée, une autre traversée par un fragment du couvercle
	28 janvier 1897	Fabrique d'engrais à Boesse (Deux-Sèvres)	Un ouvrier tué sur le coup, un grièvement blessé ; mur de 1m,20 de hauteur renversé sur une longueur de 2 mètres.

Accident du 26 septembre 1890, dans une teinturerie à Lizy (Rhône). — Dans cet accident, comme dans son analogue du 1er juin 1889(*), le couvercle ne s'est point dégagé de ses attaches par déformation ou rupture, les attaches n'ont point lâché prise par rotation autour des charnières; mais ces attaches, qui étaient de mauvaise forme et trop peu résistantes, se sont brisées. Le diamètre du récipient était 1 mètre, sa soupape devait être réglée pour la pression de 3 kilogrammes par centimètre carré; les attaches, au nombre de huit, étaient formées chacune d'une tige coudée en fer forgé, adaptée à charnière sur le bord de la cuve et dont la partie supérieure, ramenée au-dessus du bord du couvercle, servait d'écrou à une vis qui s'abaissait sur ce bord pour y faire pression. La section transversale de ces tiges coudées était rectangulaire, d'environ $0^m,046 \times 0^m,018$, assez irrégulière d'ailleurs.

Il a été constaté, après l'accident, que le couvercle n'avait subi que des déformations insignifiantes, mais que six des huit tiges coudées étaient rompues; la septième s'était faussée, une seule était intacte. Les cassures se sont produites les unes dans la partie droite de la tige, les autres dans l'angle supérieur. Elles présentaient un grain très cristallin à larges facettes, et, bien que les surfaces fussent déjà rouillées quand le service des Mines a pu faire ses constats, elles ont paru montrer des traces de fissures anciennes et de dessoudures.

Pour une pression de 3 kilogrammes par centimètre carré dans l'appareil, l'effort exercé par la vapeur sur le couvercle, supposé réparti également entre les huit attaches et s'exerçant suivant l'axe des tiges, aurait correspondu pour celles-ci à un effort de 3 ou 4 kilogrammes par millimètre carré; mais on sait que ce n'est pas ainsi, tant s'en

(*) *Loc. cit.*, p. 143.

faut, que l'on peut évaluer la fatigue du métal en pareil cas. La force résultant de la pression de vapeur n'est souvent qu'une minime partie de l'effort qui s'exerce sur les attaches, car à cette force il faut ajouter celle résultant du serrage de chaque vis. Ce serrage est fonction du pas de la vis, de la longueur du bras de levier sur lequel l'ouvrier agit, de la force musculaire déployée par cet ouvrier. Il est telles attaches qui seraient exposées à casser par la seule action du serrage, en l'absence de toute pression dans l'appareil; et la tendance naturelle des ouvriers à serrer le plus possible pour assurer l'étanchéité, en s'aidant parfois de rallonges pour augmenter le bras de levier sur lequel ils agissent, nécessite des attaches extrêmement solides, si l'on veut éviter ce genre de danger. Ajoutons à cela que le serrage n'est jamais égal entre les différentes attaches et qu'il s'en faut le plus souvent de beaucoup que cette égalité soit réalisée, surtout lorsque les ouvriers serrent les vis de proche en proche en suivant la circonférence du couvercle, au lieu d'adopter un ordre de serrage méthodique mettant successivement en tension des groupes symétriques d'attaches.

Enfin, dans le cas présent, les efforts résultant soit du serrage des vis, soit de la pression de la vapeur, et transmis par les vis de pression, étaient loin de s'exercer purement et simplement suivant l'axe des tiges à charnière; la forme coudée de ces tiges introduisait des efforts de flexion capables d'accroître encore singulièrement la fatigue du métal, surtout à l'angle de chaque coude.

Ce premier accident, en résumé, nous rappelle la nécessité de donner aux attaches une forme rationnelle au point de vue de leur résistance propre, une solidité qui les mette à l'abri du danger de détérioration par les serrages les plus énergiques à prévoir, et de les calculer en prévision d'une répartition éventuellement fort inégale de l'effort total à supporter.

L'enseignement qui ressortira de l'étude des accidents suivants concernera la constitution des couvercles eux-mêmes.

Accident du 24 juin 1891, dans une brasserie, à Paris. — Le récipient qui a donné lieu à cet accident était un vase cylindrique en cuivre de $0^m,54$ de diamètre, $0^m,69$ de hauteur, 160 litres de capacité, cerclé à sa partie supérieure par une collerette de fonte. Le couvercle était formé d'une tôle de cuivre de $2^{mm},6$ d'épaisseur, emboutie sous la forme générale d'une calotte sphérique de $0^m,66$ de rayon, avec couronne de renforcement à son pourtour.

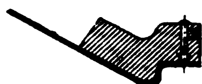


Fig. 1.

Cette couronne était en fonte. D'une épaisseur variant de $17^{mm},5$ à 20 millimètres, son profil, que représente la *fig.* 1, était contourné et anguleux. Elle était assemblée à la calotte emboutie au moyen de dix rivets de 5 millimètres de diamètre, disposés symétriquement sur son pourtour.

Ce n'était pas d'une manière immédiate que le couvercle venait reposer sur la partie fixe. Il y avait dans l'appareil, comme le fait comprendre la *fig.* 2, un tamis métallique formant vase intérieur, qui se terminait en haut par un rebord horizontal en cuivre, revêtu de caoutchouc sur ses deux faces. Ce rebord était pincé

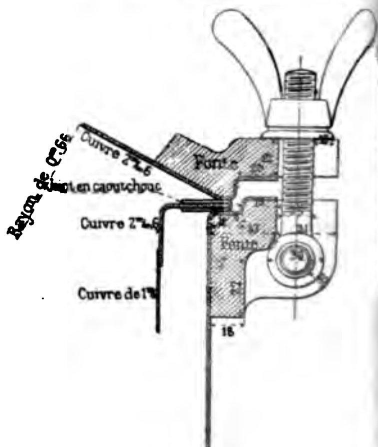


Fig. 2.

entre les deux pièces, et son caoutchouc était destiné à assurer l'étanchéité du joint.

On voit que les attaches du couvercle auraient agi en porte-à-faux et imposé à la fonte des efforts de flexion, quand même elles auraient fait appui seulement sur le bord de la couronne telle que nous venons de la décrire. Mais il n'en était pas ainsi. La couronne portait à son pourtour dix oreilles à encoche, en saillie vers l'extérieur, et c'était dans les encoches de ces oreilles que venaient se placer les dix boulons de fixation, comme le représente la *fig.* 2. De cette façon le porte-à-faux, compté du milieu de la zone d'appui sur le caoutchouc à l'axe des boulons, était de 37 millimètres.

Sous la pesée des écrous ainsi disposés, la couronne de fonte tendait naturellement à se rompre suivant des sections méridiennes. C'est en effet ce qui arriva.

Le récipient avait été, semble-t-il, établi par le constructeur en vue de fonctionner sous une pression maximum de 2 kilogrammes par centimètre carré ; à en croire l'usine, on ne dépassait pas 1,5 en pratique. Mais le manomètre de l'appareil était en mauvais état, des indices suspects ont été relevés quant à l'état de la soupape, dont peut-être le clapet adhérait au siège, et il se peut que ces pressions aient été assez largement dépassées. La vapeur était fournie par un réservoir commun à deux chaudières timbrées à 6 et 8 kilogrammes, et fonctionnant habituellement à 4 kilogrammes par centimètre carré, disent les uns, entre 4 et 5, disent les autres. Un appareil construit pour fonctionner à 2 de pression ne devrait pas faire explosion à 5, s'il présentait un coefficient de sécurité suffisant; mais, au surplus, on n'a même pas de preuve directe que la pression de 2 kilogrammes par centimètre carré ait été dépassée.

Ce qui est certain, c'est que le couvercle s'est brisé de la manière qu'on pouvait prévoir, étant donnée sa consti-

tution défectueuse : la couronne de fonte s'est rompue suivant des sections transversales. Elle était, après l'explosion, cassée en cinq morceaux; les cassures étaient assez régulièrement réparties : trois d'entre elles passaient par des trous de rivets d'assemblage avec la calotte, les deux autres par des oreilles. Presque toutes étaient fraîches; l'une d'elles cependant paraissait rouillée ou entartrée sur ses deux lèvres. Les boulons à charnière étaient tous intacts et simplement rabattus; les bords des oreilles étaient d'ailleurs en bon état, et l'on n'y voyait pas de traces de glissement ; le renversement des boulons n'avait été, dans le cas présent, que la conséquence naturelle de la rupture du couvercle.

Accident du 27 avril 1892, dans une filature de ramie, à Entraigues (Vaucluse). — Un trait assez remarquable distingue cet accident : il se compose non point d'une, mais de deux explosions presque simultanées, projetant les couvercles de deux récipients analogues qui fonctionnaient l'un près de l'autre. Ces récipients, contenant le mélange aqueux des matières à élaborer, étaient chauffés jusqu'à une pression de vapeur voisine de 3 kilogrammes par centimètre carré, non directement par injection de vapeur, mais par la chaleur d'un serpentin couché au fond de chaque cuve et communiquant seul avec les générateurs. Le plus grand des deux appareils, de $1^m,50$ de diamètre (capacité, $2^{m3},5$), avait sa cuve faite en tôle de fer de 9 millimètres d'épaisseur et cerclée à sa partie supérieure par une collerette de même métal, à profil de cornière; sur cette collerette était fixé un cercle de fer formant surépaisseur au bord, de manière à laisser entre lui et la tôle de la cuve, comme la *fig.* 3 le montre, une gorge de 8 millimètres de profondeur et 28 millimètres de large, destinée à loger un joint en caoutchouc. Le couvercle était formé aussi d'une tôle de fer de 9 millimètres; cette tôle était emboutie

ns sa partie centrale sous la forme d'une calotte sphé-que de 3^m,5 de rayon, courbure insuffisante qui ne corres-ndait qu'à une flèche de 0^m,08 ; de plus, son pourtour ait plan et simplement renforcé par un cercle en fer de 0 millimètres d'épaisseur et 60 millimètres de largeur. Ce uvercle était assujetti par quatorze boulons à charnière : our donner prise à leurs écrous, des pattes à encoche, en ombre égal, étaient fixées, chacune par trois rivets, sur a tôle du couvercle et sur son cercle de renforcement, omme le montrent les croquis *fig.* 4 et 5. Les boulons à harnière mesuraient 25 millimètres de diamètre au fond es filets ; leurs axes, lorsqu'ils étaient verticaux, se trou-aient à 20 millimètres en dehors du bord de la collerette t du couvercle, et leurs écrous, munis d'oreilles, avaient à

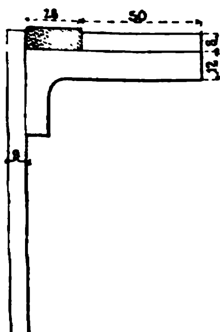


FIG. 3.

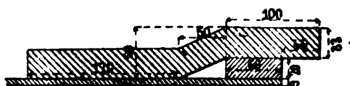


FIG. 4.

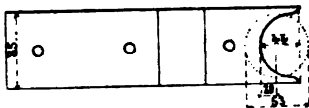


FIG. 5.

eur base un diamètre de 53 millimètres, de sorte que la osition relative de l'écrou et de la patte à encoche était ormalement celle que représente d'une manière approxi-mative la *fig.* 5.

On voit, d'une part, que ce couvercle, d'une forme dépourvue de stabilité, était loin d'être suffisamment armé pour présenter la rigidité voulue ; d'autre part, que l'appui des écrous ne présentait aucune garantie. Il suffisait

d'une rupture d'un des côtés d'une encoche pour compro-mettre l'attache, d'un glissement de peu d'amplitude pour faire échapper l'écrou ; et rien ne s'opposait à ce glissement, sinon un frottement qui pouvait être surmonté par un déversement résultant d'un commencement de déformation du couvercle ou d'un fléchissement de la patte.

Or précisément les pattes n'étaient pas assez solides ni le couvercle capable de résister sans danger d'avarie aux efforts de flexion que ces pattes exerçaient sur lui. C'est ce que les faits avaient prouvé dès avant l'accident. Bien que l'appareil datât seulement de 1888, cinq pattes avaient déjà dû être remplacées, s'étant brisées en travers ; et une contre-pièce de $0^{m},12 \times 0^{m},37$, indiquée en pointillé sur la *fig.* 7, avait été mise au couvercle à la suite d'une fissuration entre les rivets d'une patte. Les pattes neuves avaient leur face supérieure plane.

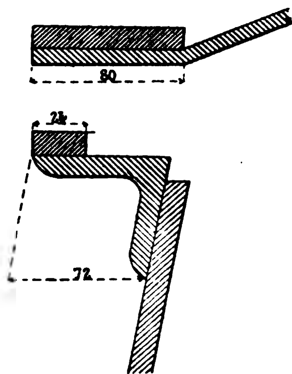


Fig. 6.

Quant au plus petit des deux récipients, son diamètre intérieur était $1^{m},35$, et sa capacité $2^{m^3},3$. La constitution en était analogue ; toutefois l'emplacement du joint de caoutchouc, au sommet de la partie fixe, n'était pas limité par une saillie circulaire du côté de l'intérieur du vase, et la disposition, fort mauvaise, était celle représentée par la *fig.* 6. Ce récipient, qui datait de 1884, n'avait subi aucune réparation jusqu'au jour de l'accident.

Il paraît qu'on venait de constater aux manomètres de ces appareils une pression de 2,75 kilogrammes par centi-mètre carré, conforme à la pratique ordinaire des opéra-

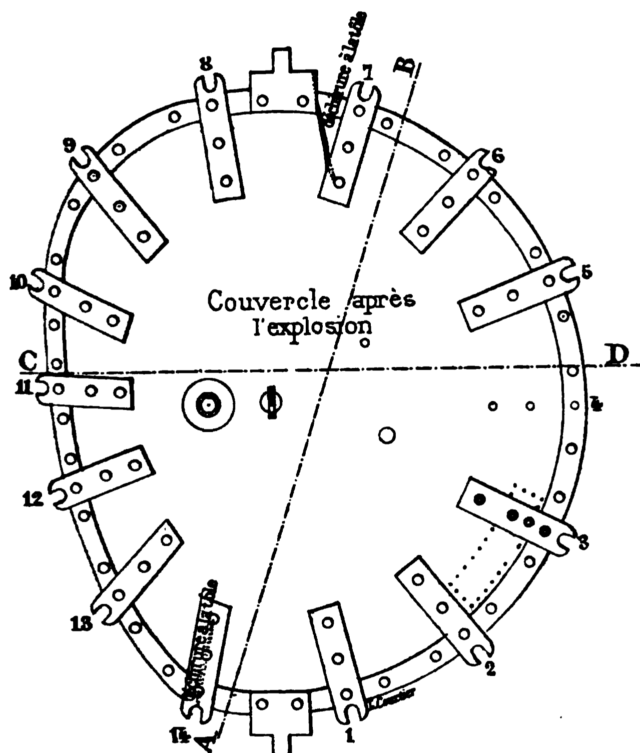


FIG. 7.

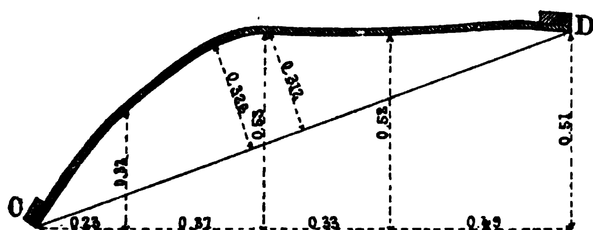


FIG. 8.

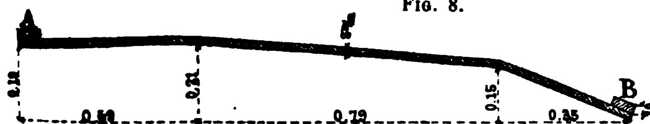


FIG. 9.

tions, quand la double explosion survint. Les deux co vercles furent retrouvés entièrement détachés des cuve le plus grand était déformé comme l'indiquent les *fig.* à 9, l'autre offrait une déformation analogue. Au pourto des cuves pendaient tous les boulons, rabattus sans av rie. Sur le couvercle du plus grand récipient une pat s'était détachée par rupture des rivets, une autre avait é écornée; l'autre couvercle avait une patte écornée ; ma les avaries de ces pattes écornées n'étaient pas ass grandes pour avoir suffi à faire lâcher leurs boulons. l'évidence, les couvercles avaient échappé en se défo mant, les pattes à encoche se dérobant sous les écro pendant que ceux-ci étaient rejetés vers l'extérieur.

On pense que, pour le plus grand des appareils, ce phé- nomène final a été simplement la conséquence d'un com- mencement progressif de déformation, qui peu à peu avai dû amoindrir jusqu'à néant la stabilité des attaches. Sou l'action combinée des serrages d'écrous et de la pressio de vapeur, il est naturel que les pattes aient pris u déversement de plus en plus accentué vers l'extérieur; au dernier moment de l'équilibre instable, le frottement des écrous sur les pattes est devenu insuffisant pour rete- nir le couvercle, et les boulons, réciproquement, ont été rejetés vers l'extérieur, d'autant plus facilement qu'ils ne portaient plus que de côté sur les pattes devenues obliques.

Quant au plus petit des deux récipients, il devait avoir, pour les mêmes raisons, la stabilité de sa fermeture déjà plus ou moins compromise, lorsque le grand a sauté. On suppose que c'est un désordre causé par la première explosion à son serpentin intérieur, dont un point man- quait de solidité, qui a produit dans ce second récipient une élévation brusque de pression, suffisante, en l'état, pour le faire sauter à son tour.

Accident du 26 avril 1893, dans une teinturerie, à Roanne (Loire). — C'est dans une teinturerie de Roanne qu'avait eu lieu l'explosion du 4 octobre 1888, point de départ de l'étude publiée en 1891. Malgré la leçon donnée par ce premier événement, c'est dans une autre teinturerie de la même ville, et dans des conditions générales sensiblement analogues, qu'est survenu l'accident du 26 avril 1893. Le récipient mesurait 1m,485 de diamètre au lieu de 1m,35 ; l'épaisseur de la tôle formant le couvercle était dans le même rapport avec le timbre de l'appareil : de 12 à 13 millimètres, pour un timbre de 5 kilogrammes par centimètre carré, tandis que la première fois l'épaisseur était de 10 millimètres pour un timbre de 4 $\left(10 \times \frac{5}{4} = 12,5\right)$. Dans un cas comme dans l'autre, le couvercle était bombé dans sa partie centrale, mais plan à son pourtour.

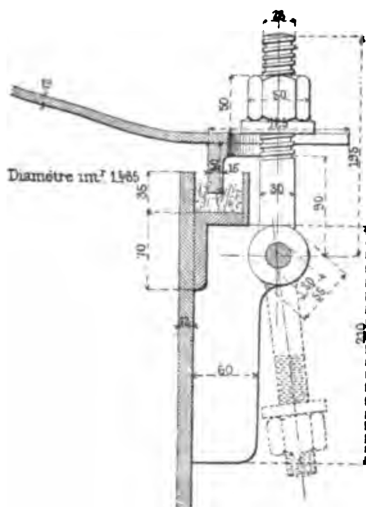


Fig. 10.

Le mode de raidissement de ce pourtour était toutefois différent; au lieu d'un cercle en fer, de 17 millimètres d'épaisseur et 0m,13 de large, formant surépaisseur sur la face extérieure du bord plat, on avait ici une cornière de 15 millimètres d'épaisseur, disposée au-dessous du bord plat comme l'indique la *fig.* 10. L'aile verticale de cette cornière, de 40 millimètres de hauteur, venait s'appuyer sur la garniture logée dans une rainure de 35 millimètres de profon-

deur à la partie supérieure du récipient ; des encoche ménagées dans le pourtour plan et dans l'aile horizont de la cornière recevaient vingt-huit boulons à charnièr dont les écrous venaient faire appui sur les côtés de encoches. Le porte-à-faux, compté du milieu de l'épaisse de l'aile verticale de cornière à l'axe du boulon, éta de 62^{mm},5.

Il suffit de regarder la *fig.* 10 pour comprendre combien cette disposition était défectueuse. La ligne d'appui d l'aile verticale de la cornière sur la garniture du joi était comme faite à plaisir pour servir de charnière a mouvement de déversement du bord du couvercle, qu tendait à se produire sous l'action du serrage des boulons. Il n'y avait que le choix, comme effet final, entre une déformation assez accusée pour faire échapper les attaches, et une rupture du bord du couvercle dans la région de la circonférence correspondant aux boulons les plus fortement serrés. Comme la tôle de ce couvercle, à ce qu'il semble, n'était pas de bonne qualité et notamment était peu ductile, c'est la rupture du couvercle qui se produisit ; et il s'agit bien, ici, d'une conséquence régulière et naturelle de la constitution de l'appareil, car voici quel en avait été l'historique et quelles furent les constatations de détail faites après l'explosion.

Ce récipient datait de 1885. En 1890, « quelques fissures ayant été constatées dans le voisinage de la cornière de pourtour du couvercle (*), on a renforcé cette partie par une plaque supplémentaire de tôle posée à l'extérieur et rivée sur le couvercle ». Cette contre-plaque est marquée sur la *fig.* 11, entre les attaches 22 et 26. On remarquera l'analogie de sa forme avec celle de la partie A, qui se trouva arrachée du reste du couvercle lors de l'explosion d'avril 1893.

(*) Extrait du rapport dressé au sujet de l'accident par M. l'ingénieur des Mines Coste.

A la suite de cette explosion, le couvercle, dont la rtie A était enlevée, ainsi que le tenon γ, avait pris la me représentée par les *fig*. 12 et 13. M. Coste a cons-

Fig. 12. — Coupe XY.

g. 13. — Coupe RS.

Fig. 11.

té que la cornière était fortement corrodée dans tout n ensemble, et que la tôle du couvercle présentait, sur a face intérieure, un sillon de corrosion le long de sa jonc-ion avec la cornière. « En dehors de ces corrosions, écrit-il, on voyait en divers points des commencements de ssures fort nettes. La cassure de la partie arrachée de

la tôle paraissait en divers points fort ancienne. J'ai
dériver la cornière (voir *fig.* 11) à droite et à gauch
la cassure sur une certaine longueur pour pouvoir ex
ner ces fissures plus aisément; elles étaient très ne
pour le tenon η, et un simple coup de marteau à fra
les a fait aussitôt ouvrir largement. Elles étaient m
importantes pour le tenon ε. Elles étaient aussi
nettes en face de η', mais se trouvaient ici surtout d
la ligne de rivure. Ces fissures paraissent absolument
même ordre que celles qui ont motivé la réparation
couvercle (en 1890). Il est d'ailleurs tout naturel qu'e
se soient produites en ce point, car le couvercle doit
tement se déformer le long de la ligne du joint ave
cornière chaque fois que l'on met l'appareil en pr
sion (*). Dans toute cette région la tôle paraissait d'
leurs fort altérée. Elle cassait en certains points fac
ment au choc. Pendant l'enlèvement de la cornière,
tenon δ s'est cassé le long de la ligne de rivure, et il
a été de même pour le tenon δ' au premier coup de m
teau. Enfin le tenon α s'était cassé net au moment
l'explosion. »

L'avis émis sur cet accident par la Commission centr
des Machines à vapeur porte que l'explosion doit ê
avant tout rapportée à la constitution défectueuse et
mauvais état du couvercle qui, sous la pression de
vapeur, s'est déformé, brisé, et a fait lâcher prise à
boulons à charnière. « Il est possible, ajoute l'avis, q
la pression ait été plus forte que de coutume ou que l
boulons aient été mal en prise, mais ces hypothèses
sont pas nécessaires pour expliquer l'accident. »

Accident du 14 décembre 1893, à Grésy-sur-Isère (Savoie
— Le récipient qui a sauté le 14 décembre 1893 à Grésy

(*) Et chaque fois que l'on met les boulons en serrage.

…lsère était un vase de distillerie locomobile. La distil-…, montée tout entière sur un chariot, comprenait une …dière à vapeur timbrée à 4 kilogrammes par centi…e carré et trois vases à distiller timbrés à 1. Ces …ients pouvaient recevoir chacun directement la …ur de la chaudière au moyen d'un tuyau de 25 mil…tres de diamètre, muni d'un robinet, et ils avaient …e eux des communications que l'on pouvait ouvrir …fermer à volonté, de manière qu'on pût soit les faire …ctionner isolément, soit les grouper en série. Pareil …emble prête facilement au danger d'une surpression …s les récipients, soit que l'on commette une fausse …nœuvre dans l'arrangement des robinets d'évacuation, … surtout que les grilles disposées sur les tuyaux abduc…rs de vapeur viennent à s'obstruer par les marcs, …ident auquel il faut s'attendre. Mais les témoins disent …, lors de l'accident qui nous occupe, la pression à la …udière n'était que 1,5 kilogramme par centimètre carré, …qu'il n'y a eu soulèvement d'aucune des trois soupapes …cées sur les couvercles des récipients, qui se trouvaient … communication les uns avec les autres.

…Ce qui est certain, c'est que la constitution de ces cou…rcles était foncièrement vicieuse. Il suffit, pour s'en …nvaincre, d'un coup d'œil jeté sur les *fig*. 14, 15 et 16. … récipient, d'une capacité de 380 litres, mesurait, à sa …rtie supérieure, $0^m,65$ de diamètre ; le couvercle était …t d'une tôle de cuivre de 2 millimètres d'épaisseur, …mbée sous une flèche de 3 centimètres seulement et …vée à son pourtour, au moyen de rivets en cuivre de … millimètres de diamètre, sur une couronne en fonte …ont la *fig*. 16 donne la section à grande échelle. Cette …ouronne, non seulement était en fonte, mais avait un …rofil absolument défectueux ; elle était affaiblie par une …gorge circulaire de 10 millimètres de profondeur et 20 de …largeur, contre-partie d'une nervure portée par la colle-

rette fixe du récipient. Ainsi l'on avait été mal avisé jus-

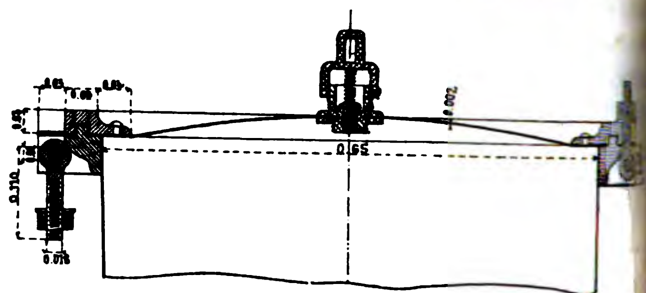


Fig. 14.

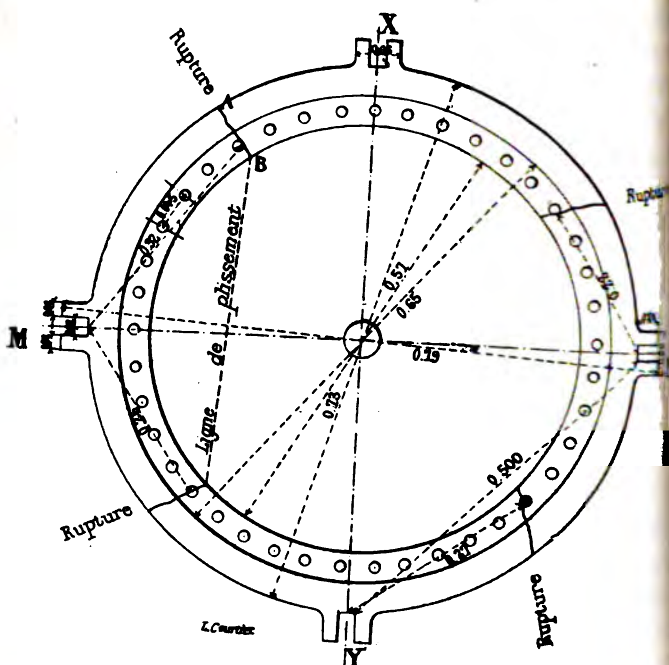


Fig. 15.

dans le choix de la partie creuse et de la partie saillante du joint; car, à choisir, il eût été moins mauvais pour la

…stance du couvercle que sa couronne portât la ner-
saillante et que la contre-partie concave appartînt à
…llerette fixe. Mais ce n'est pas tout. Cette gorge cir-
…re était à arêtes vives; tout le profil de la couronne
…anguleux, contourné, et tout à fait impropre à l'obten-

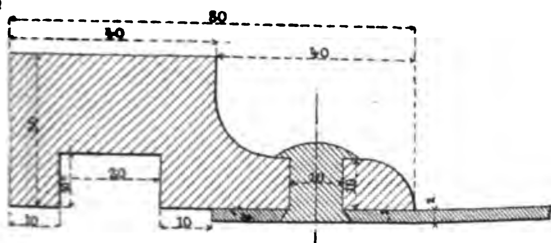


Fig. 16.

Fig. 17. — Coupe suivant MN de la *fig.* 15.

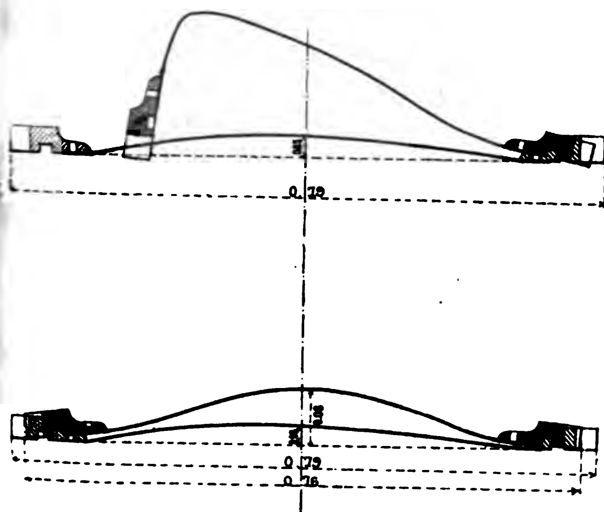


Fig. 18. — Coupe suivant XY de la *fig.* 15.

…on d'une pièce de fonte saine et résistante. On faisait
…availler cette pièce par flexion, car les boulons à char-

nière agissaient sur des tenons à encoche qui faisa saillie au pourtour de la couronne, comme le montren *fig.* 14 et 15. Enfin le nombre de ces attaches était a lument insuffisant. Elles étaient au nombre de quatre lement, de sorte qu'il suffisait que l'une vînt à man pour que le couvercle cessât d'être maintenu sur la m de son pourtour, et leur distance en ligne droite n'é pas moindre de $0^m,50$.

De pareils couvercles étaient fatalement destiné sauter. La construction de cette distillerie datait de s tembre 1893; l'accident est survenu moins de trois m après sa mise en service. Pendant que le système fo tionnait, une fuite se déclara entre deux boulons du c vercle sur le récipient du milieu. L'ouvrier chargé conduire l'appareil n'eut rien de plus pressé que de ch cher à resserrer les écrous de ces boulons. La tenta qu'il en fit lui montra que le serrage était complet peine se retirait-il que le couvercle, se détachant br quement, fut projeté en l'air.

Ce couvercle était, après l'accident, déformé com l'indiquent les coupes MN et XY, *fig.* 17 et 18; sa c ronne était rompue en quatre points situés, ainsi qu *fig.* 15 le montre, à peu près au milieu des interva des quatre attaches, c'est-à-dire aux points théorique cette couronne devait casser.

Accidents des 22 octobre et 24 novembre 1894, à Issou et à Sainte-Lizaigne (Indre). — Il convient de rapproche l'explosion précédente les deux accidents successifs a quels donna lieu, dans l'Indre, les 22 octobre et 24 vembre 1894, l'emploi d'une distillerie locomobile a logue. Celle-ci, absolument neuve, était à son cinquiè jour de fonctionnement, quand le couvercle d'un de vases sauta pour la première fois. Sa chaudière était timb à 6 kilogrammes par centimètre carré; chacun des t

vases à distiller, de 0^{m},55 de diamètre, avait son couvercle formé d'une feuille de cuivre de 1^{mm},25 d'épaisseur, emboutie en forme de calotte sous une flèche de 0^{m},07 et cerclée d'une couronne qui était en fonte et qui n'avait que 19 millimètres d'épaisseur. Cette couronne, comme celle qui s'était brisée à Grésy-sur-Isère, portait des projections extérieures formant oreilles saillantes pour l'action en porte-à-faux des boulons à charnière, et ces attaches défectueuses n'étaient qu'au nombre de quatre.

Par surcroît, le constructeur n'avait pas eu la précaution, prise par celui de l'autre appareil, de munir les récipients de soupapes de sûreté, et il ne les avait pas même présentés à l'épreuve réglementaire. Rien ne justifiait ces omissions. Lorsqu'une distillation était en train dans des conditions normales, les récipients communiquaient directement ou indirectement avec un tuyau abducteur qui conduisait la vapeur alcoolique à un rectificateur suivi d'un serpentin d'où l'alcool devait sortir liquide; mais, tout d'abord, en raison de l'étroitesse des tuyaux par où la vapeur alcoolique sortait des récipients, il n'est nullement prouvé qu'il n'existât alors aucune pression effective notable dans le système, au moins à l'amont quand les vases fonctionnaient en série. Puis ces tuyaux étaient pourvus chacun d'un robinet à main qu'aucune disposition matérielle n'empêchait de fermer intempestivement, si même on ne le fermait pas de propos délibéré à certains moments des opérations. Enfin, et c'est apparemment ce qui, en pratique, était le plus à craindre, l'origine de chacun de ces tuyaux dans le vase correspondant, munie d'une grille à trous de 3 millimètres pour arrêter le marc entraîné, devait être fortement exposée à se trouver bouchée par ce marc.

En fait, dès que l'appareil fut mis en service, il suffisait que la pression à la chaudière fût de 2,5 kilogrammes par centimètre carré pour produire de nombreuses fuites aux

rivures et aux joints des couvercles. Plus on serrait l
boulons, plus les fuites des rivures augmentaient. Enfi
le cinquième jour, le couvercle d'un des récipients
détacha violemment et fut projeté dans la cour d'u
maison voisine; son armature de fonte fut trouvée cass
suivant six sections; quatre de ces cassures paraissaie
préexistantes. On répara l'appareil, puis on le remit
service. Dès le premier jour, un des récipients se romp
par le fond, car ils n'étaient par aucun bout en état
résister aux pressions de leur service. On mit une piè
et l'on recommença à travailler. Quelques jours après,
pression à la chaudière était d'environ 1,5 kilogramme p
centimètre carré et la distillation commençait, lorsqu
le couvercle neuf fut, à son tour, projeté à 50 mètr
de distance. Il est inutile d'insister longuement sur d
pareils faits.

**Accident du 11 mai 1894, dans une manufacture de caou
chouc, aux Lilas (Seine).** — Voici maintenant un couverc
entièrement en fonte, fermant un récipient à pressio

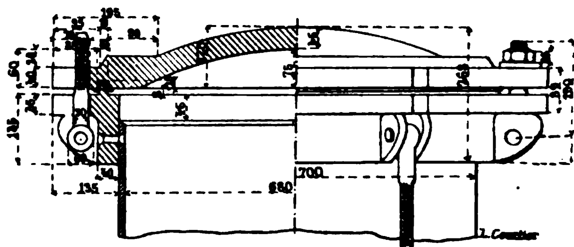
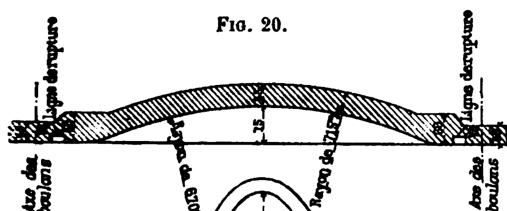


Fig. 19.

relativement élevée. Il s'est rompu aux Lilas, dans un
manufacture de caoutchouc. Le récipient à vulcaniser
cylindrique horizontal, dont cet obturateur servait à clor
l'une des extrémités, mesurait $0^m,70$ de diamètre e
$2^m,15$ de longueur; son timbre était de 6 kilogrammes.
Le couvercle, représenté par les *fig.* 19 à 21, était

reusé d'une rainure circulaire, recevant le cercle en outchouc destiné à faire joint, et ayant comme contre-rtie une nervure saillante sur la collerette du cylindre.

Fig. 20.



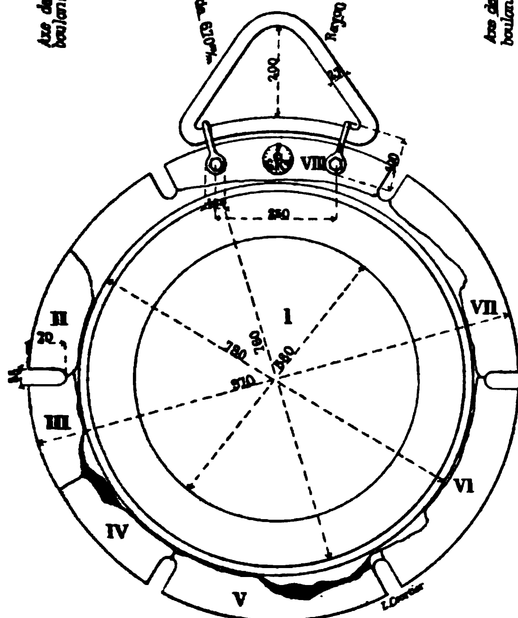


Fig. 21.

.'assemblage était maintenu par 6 boulons à charnière eulement, distants d'axe en axe de $0^{m},425$, engagés lans des encoches de la périphérie du couvercle, et agis-ant avec un porte-à-faux qui, mesuré du milieu de la gorge à l'axe des boulons, était de $42^{mm},5$.

La fonte travaillait ainsi au pourtour du couvercle

dans des conditions anormales ; il y avait effort de fle sur cette fonte, et les attaches étaient beaucoup peu nombreuses et trop espacées, surtout eu égar chiffre du timbre. De plus, si l'on examine dans le d la forme donnée à la pièce, on voit qu'elle était pro comme tout exprès pour en préparer la rupture. Le c vercle était bombé au centre, sous 0^{m},075 de flèche, plat au pourtour. L'épaisseur de sa partie bombée é de 45 millimètres au pôle, sur l'axe du cylindre, et 60 limètres à l'origine du bord plat. Mais, brusquement, long de la circonférence correspondant à la naissa de ce dernier, l'épaisseur était réduite de 60 à 20 mi mètres, parce que, d'une part, l'épaisseur générale bord plat n'était que de 40 millimètres, et, d'autre pa ce bord était creusé sur sa face inférieure par la go circulaire, de 20 millimètres de profondeur et 25 mi mètres de large, destinée à recevoir l'anneau de caoutcho Par surcroît, les variations de profil avaient toutes li par angles vifs. Ainsi il y avait comme une ligne de ruptu toute préparée, précisément à l'endroit où le bord aur eu besoin du maximum de résistance : c'était en effet section ainsi réduite qui servait d'encastrement à la part sur laquelle les boulons d'attache agissaient en porte-faux. L'épaisseur de 60 millimètres, donnée à la fon immédiatement en deçà de cette section, rendait l'enca trement d'autant plus rigide et localisait rigoureuseme les flexions à l'endroit dangereux.

Ce couvercle devait finir par casser le long de ligne faible, et c'est bien ce qui est arrivé : la *fig.* 2 donnant les lignes de brisure, le montre nettement. Da le sens radial, les fragments étaient pour la plupa limités par des encoches, de sorte que, d'une façon gén rale, la fragmentation de la pièce s'est faite comme o pouvait le prévoir *a priori*.

Accident du 28 janvier 1897, dans une fabrique d'engrais, à Boesse (Deux-Sèvres). — Nous venons de voir un obturateur de fonte qui part parce qu'il se brise ; nous allons en voir un qui se détache violemment, parce qu'un boulon à charnière s'écarte vers l'extérieur et lâche prise.

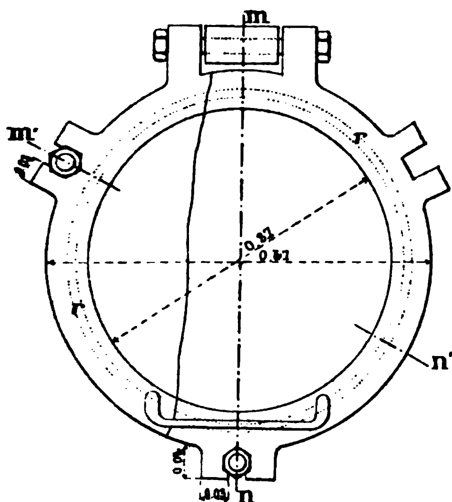


Fig. 22.

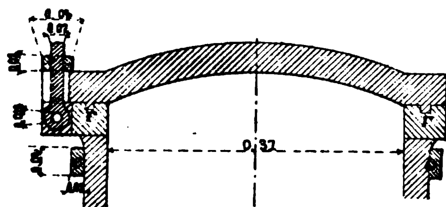


Fig. 23. — Coupe suivant *m'n'*.

L'appareil qui a donné lieu à ce dernier accident est un grand récipient cylindrique à axe vertical, pourvu d'une soupape réglée pour la pression de 3 kilogrammes par centimètre carré, et mesurant 0m,90 de diamètre et 2m,40 de hauteur ; mais l'ouverture fermée par l'obturateur qui

s'est détaché était celle d'une simple tubulure de 0m,
de diamètre intérieur, greffée sur la paroi cylindrique
bas de l'appareil. Le récipient servait à cuire les viand
par la vapeur afin d'en extraire les graisses, et cet
tubulure était affectée à la sortie des résidus.

Son système de fermeture était rudimentaire et cri-
quable. Il consistait en un tampon de fonte (*fig.* 2
et 23), appliqué extérieurement et retenu au moyen d
boulons à charnière. Ces boulons n'étaient qu'au nombr
de trois, nombre absolument insuffisant, si petit que so
le diamètre d'un obturateur; car, dans un assemblage d
ce genre, il faut toujours prévoir qu'une des attache
puisse venir à manquer, et ce ne sont pas deux boulon
à charnière, placés à 120° l'un de l'autre le long de la
circonférence, qui peuvent suffire à maintenir un cou-
vercle (*). En outre, bien que la tubulure ne fût pas trè
ancienne (elle avait été établie en 1894), sa partie infé-
rieure était en mauvais état ; à l'endroit de l'attache du
bas, comme le montre la *fig.* 24, les oreilles primitives
de la partie fixe avaient été arrachées et le gueulard entamé jusqu'au point i par la cassure, de sorte qu'il avait fallu, pour donner un point d'attache au boulon, cercler la tubulure d'un cercle en fer cc (*fig.* 23 et 24) portant en *o* une nouvelle paire d'oreilles, sur laquelle on avait articulé un boulon plus long que les deux autres. Il est probable que cette avarie avait eu pour cause l'excès des serrages que l'on donnait à l'attache du bas pour assurer l'étanchéité.

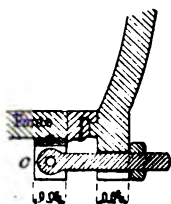


Fig. 24. — Coupe de la partie inférieure suivant *mn*.

Mais, à la suite de la réparation que nous venons de
décrire, cette étanchéité ne pouvait que devenir plus dif-

(*) Le nombre de quatre attaches est lui-même insuffisant pour une raison analogue (Cf. p. 244).

ficile à obtenir, puisque la cassure subsistant en *i* entamait le gueulard jusqu'à la rainure *r* du joint. Toujours est-il que, le 28 janvier, comme cette partie fuyait et laissait échapper du suif, un ouvrier se mit, paraît-il, en position pour resserrer l'écrou du boulon du bas, tandis qu'un autre s'en fut rapidement pour chercher un seau afin de recueillir le suif. Ce second ouvrier avait à peine parcouru 6 ou 7 mètres, lorsqu'il entendit une forte détonation, et le local s'emplit de vapeur. Le couvercle s'était violemment ouvert en brisant une oreille à chacune de ses attaches du haut, puis se fendant en deux morceaux dans son choc contre la paroi de la maçonnerie qui entourait le récipient, mais sans qu'il y eût d'avarie à l'attache du bas, dont les oreilles étaient intactes et dont le boulon s'était simplement rabattu autour de sa charnière.

L'homme qui se trouvait devant l'appareil avait été tué sur le coup. On peut supposer que c'est pendant qu'il cherchait à resserrer l'écrou du bas, que celui-ci a glissé sur les oreilles du couvercle et a inopinément lâché prise.

Il est du devoir des patrons d'interdire à leurs ouvriers de jamais resserrer les joints au cours du fonctionnement des appareils; mais, en pratique, cette interdiction est rarement faite; plus rarement encore les contremaîtres ou autres préposés tiennent-ils la main à son observation. Il faut reconnaître qu'un ouvrier qui voit un joint fuir est fortement tenté de le serrer, et que c'est en le serrant, pourvu qu'il ne survienne pas d'accident, qu'il s'acquittera le plus heureusement de sa mission et satisfera le mieux ses chefs. Il est très sage, de la part des théoriciens, de déclarer imprudente la pratique de resserrer les joints à chaud; il s'imposerait à la conscience et à l'intérêt bien entendu des patrons, des contremaîtres, des chefs ouvriers, de s'y opposer plus sincèrement que la plupart ne le font, et avec une sévérité salutaire. Mais en fait on

doit s'attendre à voir cette pratique durer, et il faut tenir compte dans la construction des pièces et la dispo tion des assemblages.

Ici c'est la constitution défectueuse de la fermet qui caractérise essentiellement l'accident. Il suffit regarder les *fig.* 22 et 24 pour comprendre combien ét grand le risque d'un glissement de l'écrou sur les oreil avec lesquelles il était en prise. Il n'y avait que le frot ment comme obstacle à ce glissement. Faire reposer tenue d'un assemblage, d'où dépend la vie des homm sur un frottement chargé de s'opposer seul à un glis ment, alors qu'il suffit que ce glissement soit de mini amplitude pour qu'une catastrophe s'ensuive, cela mérite-t-il pas une appréciation sévère ?

Le coefficient de frottement a pu, dans l'espèce, ét d'autant plus faible que les surfaces en regard pouvai se trouver lubrifiées par les matières grasses que l' retirait périodiquement par le gueulard ou qui s' échappaient quand le joint fuyait. D'autre part, nous savons pas au juste, d'une manière certaine, quelle ét la forme de ces surfaces en regard. D'une manière gén rale, les oreilles de fonte comme celles-ci s'usent, ell s'arrondissent vers leurs pointes, sous l'action répét des frottements et des chocs exercés sur elles par l boulons, lors des fermetures et des ouvertures du co vercle ; cette usure est d'autant plus accentuée que l manœuvres sont faites d'une manière plus brutale, frappant par exemple sur les boulons pour les faire tou ner autour de leur charnière, leur faire lâcher prise ou l remettre en place, alors que les écrous ne sont pas suffisa ment dévissés. De leur côté, les écrous peuvent aus éprouver une usure par action réciproque. Ces modific tions des surfaces tendent nécessairement toutes rendre instable l'équilibre du boulon. L'un des rédacteu de la présente étude se souvient d'avoir vu, dans un

fonderie de graisses des environs de Paris, des récipients analogues à celui de Boesse, dont les tampons de fermeture, faits en fonte comme celui qui nous occupe, et assujettis de même par des boulons à charnière qu'aucune disposition spéciale ne fixait en place, avaient des oreilles dont les surfaces, émoussées vers leurs angles, donnaient à simple vue l'impression du danger de glissement des écrous.

Exemples de dispositions recommandables. — Construction des couvercles. — Moyens d'empêcher le glissement des écrous des boulons à charnière. — Comme contre-partie de toutes ces dispositions mauvaises, à quelles conditions doit satisfaire une fermeture par boulons à charnière ? Ainsi que nous l'avons dit, il est des cas où ce mode de fermeture ne doit pas être employé ; nous ne ferons donc pas à la question une réponse générale ; mais prenons comme exemple une classe d'appareils dont il est nécessaire que les ouvertures et fermetures soient rapides et pour lesquels, moyennant une construction appropriée et des précautions convenables, le système parait pouvoir être conservé sans danger : ce sont les étuves à désinfection. Il s'agit de récipients timbrés à basse pression, 1 kilogramme environ, mais dont le diamètre est souvent voisin de 1 mètre ou 1m,50.

Pour que le couvercle d'un semblable appareil ne cause pas d'accident, quatre conditions principales sont à réaliser : que le couvercle ne se brise pas, qu'il ne se déforme pas, que les boulons ne lâchent pas prise par glissement des écrous, enfin que ces boulons ne cassent point.

Que le couvercle ne se brise pas. A cet effet il convient d'abord de proscrire l'emploi de la fonte. Si l'on a à cercler un couvercle à sa périphérie, ou à l'armaturer d'une façon quelconque, il faut que le cercle ou les

armatures soient en fer ou en acier, avec les formes les dispositions nécessaires pour ne pas imposer au mé d'efforts anormaux, même sous l'action des serrages plus énergiques des attaches. La tôle du couvercle, de côté, doit être une tôle en fer ou en acier doux, d' qualité supérieure, ductile en même temps que ré tante.

La solidité du couvercle doit être telle que non seul ment on n'ait pas à craindre sa rupture, mais qu'il ne déforme pas. Cette expression, naturellement, ne pe pas être rigoureuse. Il y aura nécessairement, so l'action des serrages du joint et des variations de pression intérieure, des déformations élastiques ; mais faut que la pièce ait toute la rigidité pratiquement réali sable, non seulement pour éviter la fatigue du métal q résulterait directement des mouvements de soufflet o autres flexions, mais parce que des déformations un tan soit peu notables amèneraient des fuites au joint, et le ouvriers seraient inévitablement conduits à des serrages exagérés, exposant les pièces à des fissurations et à des ruptures.

Il faut donc que le couvercle soit extrêmement rigide, et, à cet effet, il doit être formé d'une tôle épaisse, emboutie suivant un profil méridien qui lui assure une forme très stable, quelles que soient les variations de pression à prévoir et les actions exercées sur le contour. Si cette stabilité n'était pas suffisante par elle-même, il faudrait la compléter par l'addition d'armatures judicieusement disposées. Mais la question des armatures est toujours délicate, et le mieux est de se passer de leur secours ou tout au moins de n'y chercher qu'un supplément surabondant de garantie. C'est pourquoi il convient décidément de renoncer à la forme de couvercle dont la tôle, bombée dans la partie centrale, reste plane à son pourtour. Cette forme n'est pas stable par elle-

même; elle ne peut aller sans une armature périphérique et cette armature travaille dans de mauvaises conditions, subissant des efforts de flexion et tendant à se déverser sous l'action des serrages d'écrous et de la pression de vapeur. La tôle elle-même présente, à la jonction de la partie bombée et du bord plat, une inflexion qui crée une zone de fatigue.

D'une manière générale, tout profil méridien qui vient rencontrer sous un angle les génératrices de la cuve cylindrique ne donne pas une forme aussi stable qu'il convient, parce que les accroissements de la pression tendent à ouvrir cet angle (*). La tôle qui constitue le couvercle doit, par conséquent, être emboutie suivant un

(*) On a dit, et pensé démontrer, que si l'on donne à un réservoir la forme d'un cylindre à base circulaire terminé par deux calottes sphériques dont le rayon soit égal au diamètre du cylindre, ce réservoir, supposé formé d'une matière homogène, isotrope, et de même épaisseur partout, se dilaterait uniformément sous l'action d'une pression intérieure, de telle sorte que l'angle vif sous lequel chacune des calottes coupe le cylindre ne serait pas altéré par la dilatation. La raison que l'on en donne, c'est que dans la théorie de l'élasticité, un cylindre à base circulaire de longueur indéfinie et une sphère, constitués d'une même matière homogène, isotrope, de même épaisseur, et soumis à des pressions intérieures égales, ont même dilatation lorsque le rayon de la sphère est égal au diamètre du cylindre. C'est tirer de prémisses justes une conséquence exagérée. Les deux problèmes de Lamé, pour le cylindre et pour la sphère, supposent, pour le cylindre, qu'il soit indéfini en longueur, ou que, s'il est fini, il se termine à chaque bout par un fond n'exerçant sur lui que des réactions parallèles à l'axe, après comme avant la dilatation; pour la sphère, qu'elle soit complète, ou si l'on considère une calotte de cette sphère, que cette calotte subisse à son contour les mêmes réactions que celles qui seraient exercées par le reste de la sphère. Les conditions au contour, relatives au cylindre fini et à la calotte sphérique, pour rester cylindre et sphère après la dilatation, ne peuvent donc être réalisées dans le réservoir supposé : elles sont incompatibles entre elles. Du reste, si un pareil réservoir se dilatait uniformément, il en résulterait, en supposant égale à zéro la hauteur de sa partie cylindrique, qu'un réservoir lenticulaire formé de deux calottes sphériques égales, ayant pour rayon de courbure le diamètre de leur base commune, se dilaterait sous l'action d'une pression intérieure sans modifier l'angle de rencontre de ses deux moitiés : conséquence manifestement fausse. — C. W.

profil fortement bombé dans son ensemble, à courbure sinon uniforme, du moins très progressive, et venant à terminer à sa périphérie suivant un cylindre dont les génératrices soient parallèles à l'axe du récipient. Cette amorce de cylindre, qui devra être de hauteur suffisante pour assurer complètement la rigidité du pourtour, formera le prolongement du cylindre même de la cuve, à une minime différence de diamètre près.

Il est assez usuel de donner à la tôle du couvercle une épaisseur légèrement supérieure à celle de la cuve (1 millimètre de plus), et de prendre pour rayon de courbure de la partie centrale du couvercle le diamètre de la cuve. C'est ce qui a été fait, par exemple, pour le couvercle représenté *fig.* 28. Il ne faut pas donner à la courbure de la partie centrale une valeur moindre, et par conséquent au rayon de courbure une valeur plus grande que celle-là. D'autre part, il est essentiel que le raccordement de cette partie centrale avec l'amorce de la partie cylindrique se fasse suivant un profil à courbure très douce. Si l'on incurvait le bord du couvercle suivant un congé à faible rayon, d'abord il suffirait d'un défaut dans la matière ou dans le travail pour criquer le métal lors de l'emboutissage, puis en tout cas la pièce se trouverait soumise en service à des flexions localisées dans une zone trop restreinte, à des mouvements de soufflet qui pourraient produire dans cette zone, au bout d'un certain temps, de fines amorces de fissures.

Il ne faut donc pas craindre de donner de grands rayons de courbure à ces tracés de raccordement. Voici, par exemple (*fig.* 25 à 27), diverses formes adoptées par la Compagnie du Chemin de fer d'Orléans pour des fonds emboutis placés sur ses chaudières à vapeur ; la partie centrale de chacun de ces fonds est plane et évidée, parce qu'elle se trouve armaturée par un plateau qui sert d'embase aux soupapes de sûreté ; nous ne donnons ces

roquis qu'au point de vue du tracé des raccordements. Il st vrai qu'il s'agit d'appareils à vapeur fonctionnant ous des pressions plus élevées que les étuves à désinfec-

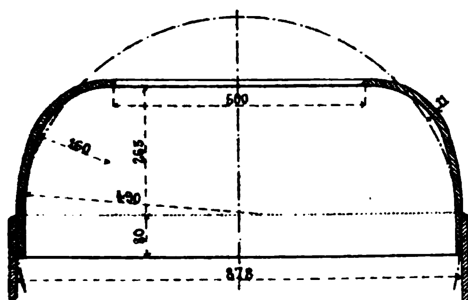


FIG. 25.

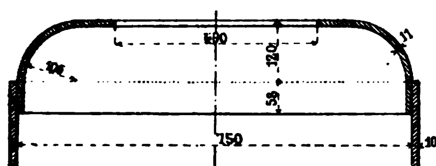


FIG. 26.

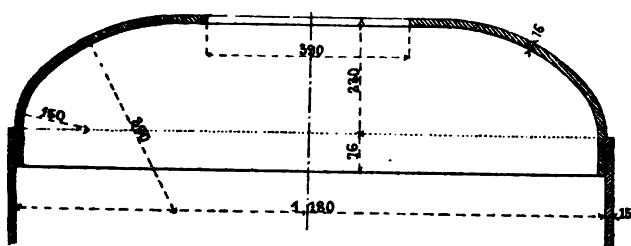


FIG. 27.

tion ou les appareils analogues (timbre de 10 kilogrammes dans le cas de la *fig.* 26) ; mais on a tout à gagner à employer des formes aussi stables que possible.

La valeur des courbures de raccordement admissibles sans imprudence dépend naturellement, d'ailleurs, du dia-

mètre et des dispositions générales du fond ; mais, en tout état de cause, on doit se rappeler que l'instruction ministérielle belge, pour l'exécution de l'arrêté royal du 28 mai 1884, considère un rayon de 5 centimètres comme une limite au-dessous de laquelle il convient de ne pas descendre.

Arrivons maintenant à la jonction du fond avec la cuve. Cette jonction doit avoir lieu suivant un mode qui ne tende pas à déformer le pourtour du couvercle. Dans la construction des étuves à désinfection ou des appareils analogues, deux procédés employés avec succès sont ceux représentés l'un par les *fig.* 28 et 30, l'autre par la *fig.* 29. Dans le premier cas le couvercle n'a aucune armature périphérique ; son bord vient s'appuyer par sa tranche sur la garniture, caoutchouc ou chanvre, qui occupe le fond d'une rainure assez profonde ménagée au pourtour de la cuve. Dans le cas de la *fig.* 29 c'est, au contraire, le couvercle qui porte à sa périphérie une armature de fer, formant à la fois couronne de raidissement et logement pour la garniture, et c'est la cuve qui se termine par une tranche vive propre à assurer l'étanchéité du joint.

Les écrous des boulons à charnière agissent, comme les dessins le montrent, sur des pattes à encoche de forme robuste, faites de fer ou d'acier, rivées au couvercle, sur lequel elles doivent porter par des surfaces étendues, en contribuant, pour une certaine part, à en raidir le pourtour et à y empêcher les mouvements de soufflet.

Il importe naturellement que l'action des boulons ne comporte qu'un porte-à-faux aussi réduit que possible par rapport à la circonférence du joint. Dans le cas de la *fig.* 28 ce porte-à-faux est de 41 millimètres comptés de l'axe du boulon au milieu de l'épaisseur de la tôle, et 10 millimètres seulement du bord de la surface d'appui

le l'écrou à l'arête extérieure du couvercle. Dans la ermeture représentée *fig.* 30, ces cotes sont réduites à $33^{mm},5$ d'axe à milieu et $2^{mm},5$ de bord à arête.

Plus le couvercle et ses pattes à encoche offriront

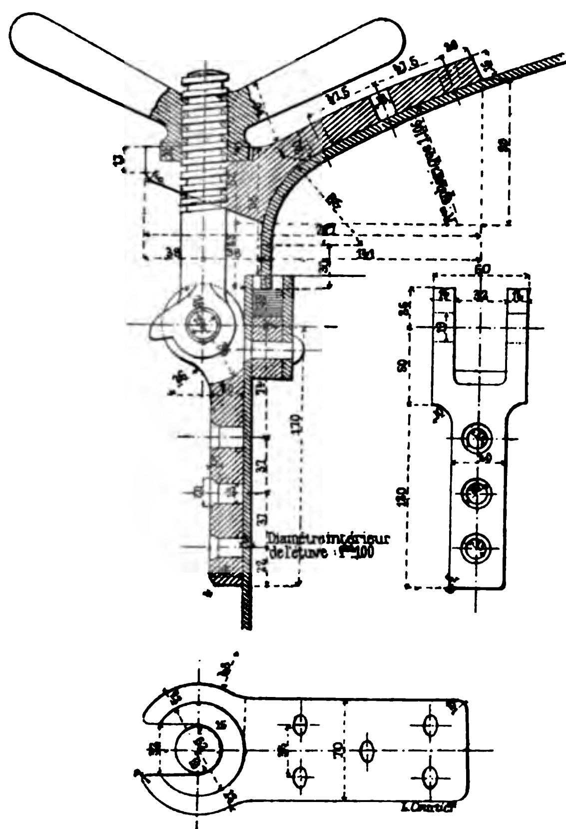


Fig. 28. — Fermeture d'étuve à désinfection (MM. Herscher et Cie).

de rigidité, moins on aura à craindre que les boulons viennent à lâcher prise par glissement de leurs écrous. Cependant il est indispensable de rendre ce glissement impossible par un dispositif spécial, car il faut compter

soit avec l'usure de la surface supérieure des pattes
l'usure réciproque des écrous, soit avec un fléchissem
des pattes, soit avec un bombement accidentel du co
vercle résultant d'une surpression, soit enfin avec l
négligences des ouvriers qui engageraient insuffisamm
les boulons dans leurs encoches ou provoqueraient, p
quelque manœuvre, le glissement des écrous. Il n'est p
permis, répétons-le, de faire dépendre la sécurité d'u
simple résistance de frottement. Mais il est facile de l
en adjoindre une autre ; il suffit de faire en sorte q
l'écrou, une fois en place et serré au contact de la patt
soit retenu par une butée qui l'empêche de s'écarter ve

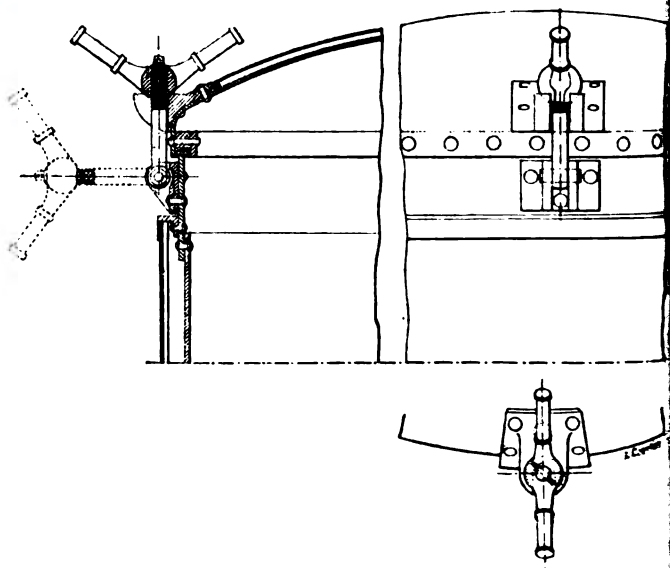


FIG. 29. — Fermeture d'étuve à désinfection (M. J. Le Blanc).

l'extérieur. Les *fig.* 28 à 30 indiquent les dispositions
qui ont été adoptées, à cet effet, par trois constructeurs
de Paris.

Dans le cas de la *fig.* 28 (étuve à désinfection de

MM. Herscher et Cie), quand l'écrou est en place, appliqué contre la face supérieure de la patte, il se trouve entouré, à sa base, d'une saillie en forme de fer à cheval de 10 millimètres de hauteur et 12 millimètres de largeur ; l'ouverture du fer à cheval, égale à 32 millimètres, est suffisante pour le passage du corps du boulon, mais non de l'écrou. Pour que le renversement puisse se faire, il faut que l'écrou soit préalablement relevé, au-dessus de sa position de serrage, d'une quantité égale à ces 10 millimètres de saillie, au moins tant que le fer à cheval n'a point subi d'usure.

Dans le système représenté par la *fig.* 29 (étuve à désinfection de M. J. Le Blanc), l'écrou est à noyau sphérique et la patte est évidée d'une cavité de même forme où vient se loger et se fixer ce noyau. Cette solution n'oppose pas, comme la précédente, au renversement du boulon, l'obstacle perpendiculaire d'un seuil vertical, mais celui des parois obliques d'un logement courbe. En soi, le seuil vertical est un obstacle plus franc ; mais par ailleurs l'inventeur signale, en faveur du second système, que le contact du noyau sphérique et de son logement resterait régulier et étendu même en cas d'un léger déversement de la patte.

Enfin, dans la disposition que la *fig.* 30 représente, le déplacement de l'écrou, une fois qu'il est serré en place, est empêché par la butée de deux ergots placés à l'extrémité de la patte, de part et d'autre de l'ouverture destinée à laisser passer le corps du boulon ; ces ergots ont 10 millimètres de largeur, mais 5 millimètres seulement de saillie. On a donc à compter un peu plus tôt avec l'usure du dispositif de sécurité que dans le cas de la *fig.* 28.

Les exemples qui précèdent suffisent pour donner une idée des moyens qui peuvent être employés. Ces moyens sont simples. Ils empêchent les ouvriers négligents de n'engager les écrous dans leurs encoches que partielle-

ment ; quand l'écrou est serré, à moins d'une faute gro-
sière, il est nécessairement à sa place et ne peut pl
en sortir. Assurément, les boulons à charnière complété

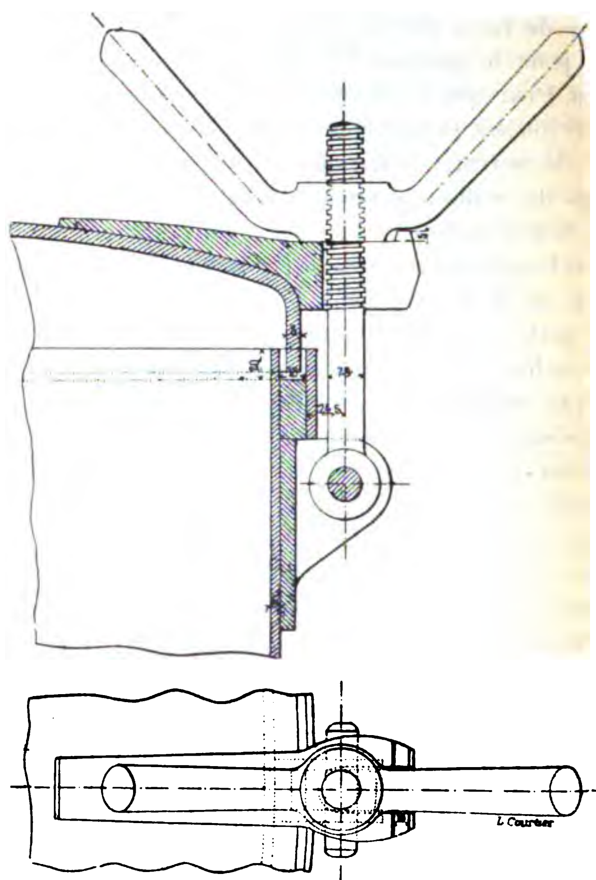


Fig. 30. — Fermeture de marmite de Papin pour conserves alimentaires (M F. Dehaître).

par un dispositif de ce genre ne procurent pas encore complètement les mêmes sécurités que des boulons ordinaires passés dans les trous de deux brides en regard.

en ce sens qu'ils n'encastrent pas le couvercle et que, si le couvercle se brise, ils n'en retiennent pas les fragments; mais du moins donnent-ils contre le danger d'échappement des obturateurs des garanties si évidentes en même temps que si faciles, qu'aucune fermeture par boulons à charnière ne doit plus aujourd'hui être employée sans l'un de ces dispositifs ou tout autre équivalent.

Nous avons dit que, comme quatrième condition, les attaches ne devaient pas pouvoir elles-mêmes se briser. Il faut donc toujours les faire de forme simple, et les boulons doivent être d'une grande résistance. Ce qui risque le plus de les fatiguer, c'est l'exagération des serrages. A cet égard, il y a pour un boulon un minimum absolu de section qui dépend de l'effort que l'ouvrier peut exercer sur lui, en raison de la longueur du bras de levier sur lequel il agit et du pas de la vis; le timbre du récipient, le nombre et l'espacement des attaches n'interviennent que pour déterminer la résistance additionnelle à donner au boulon en sus de ce minimum. Il ne faut pas que l'ouvrier puisse casser ou fissurer le boulon en serrant l'écrou.

Les ouvriers, quoi qu'on puisse et doive leur dire, ont une tendance naturelle et opiniâtre à augmenter le plus possible le bras de levier de leur action, afin de serrer davantage. Si les écrous sont à six pans, ils prennent de longues clefs ou des clefs rallongées; les écrous à oreilles sont donc à préférer. Mais, si les deux oreilles de chaque écrou sont des tiges rectilignes formant entre elles un angle trop ouvert, l'ouvrier est tenté de les coiffer de bouts de tubes en guise de rallonges. Si elles forment un angle trop aigu ou se redressent à leurs extrémités parallèlement à l'axe, il passe entre elles une barre transversale et dispose ainsi facilement d'un levier aussi long qu'il veut. L'inclinaison de ces oreilles, dans les figures ci-dessus et en particulier dans la *fig.* 30, a été, au dire du

constructeur, combinée en vue de se tenir le plus possible à l'abri de ces deux dangers.

Outre la modération indispensable des serrages, qui ne doivent d'ailleurs jamais être modifiés sur les appareils en pression, une précaution importante à enseigner aux ouvriers est d'opérer le serrage des différentes attaches d'un couvercle suivant un ordre méthodique ; il convient de serrer successivement, non les boulons voisins de proche en proche, mais des groupes de boulons symétriquement disposés, de manière à mettre le joint en serrage progressif sur toute la circonférence à la fois et à maintenir le couvercle toujours d'aplomb.

N° 9

BULLETIN

DES

ACCIDENTS D'APPAREILS A VAPEUR

SURVENUS PENDANT L'ANNÉE 1896

(Résumé résultant de l'étude des dossiers administratifs.)

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
14 janv.	Usine d'électricité, à Paris.	Chaudière Belleville du type C-5 ; surface de chauffe, 82 mètres carrés ; capacité, $2^{m3},4$; timbre, 15 kg. La puissance électrique de l'usine, à peu près constante, devait correspondre à une production de plus de 20 kg. de vapeur par mètre carré de surface de chauffe et par heure.	Ouverture du 5e tube (à partir du bas) du 2e élément de gauche, sur $0^m,40$ de longueur, avec $0^m,075$ de bâillement. Les trappes d'expansion ont été soulevées et déplacées de $0^m,15$ environ chacune vers l'extérieur du massif. Les portes de boîte à tubes et l'une des portes du foyer sont restées fermées ; l'autre porte du foyer, dont le verrou ne portait pas dans sa gâche, s'est ouverte.	Néant.	La cause générale qui a amené l'accident a été le surmenage de l'appareil.
24 janv.	Paquebot, à Saint-Nazaire (Loire-Inférieure).	Chaudière horizontale cylindrique, de $4^m,15$ de diamètre et $2^m,60$ de longueur, avec trois foyers intérieurs de $1^m,12$ de diamètre et retour de flammes tubulaire ; timbre, $10^{kg},5$. Au bas du corps cylindrique, sur la façade d'avant, se trouvent à droite et à gauche des trous d'homme elliptiques mesurant $0^m,40 \times 0^m,29$ et fermés par des tampons autoclaves. La chambre de chauffe, commune à deux chaudières, n'a que $2^m,40$ de recul ; elle est, à ses extrémités, bordée par des soutes, et son long côté en face des chaudières est également tout entier bordé de soutes, sauf un tunnel de dégagement, de 1 mètre de large, [illegible]	La chaudière était neuve, on avait mis en place les tampons de trous d'homme en formant le joint de chacun d'eux au moyen d'une couronne d'amiante recouverte de toile, on avait ensuite procédé à l'épreuve hydraulique à $16^{kg},5$, enfin à une première mise en feu. La pression arrivée à 9 kg, un jet violent d'eau et de vapeur se produisit au pourtour du trou d'homme de gauche par suite de la rupture et de la projection d'une partie, longue de $0^m,20$, de la couronne d'amiante. Il a été constaté que celle-ci n'avait pas été posée à plat tout autour.	Un des hommes présents ne put franchir l'entrée du tunnel et a été retrouvé mort dans la chaufferie ; les autres ont pu fuir par le tunnel, mais 6 ont été brûlés grièvement et 5 d'une manière légère.	Fuite de vapeur et d'eau, consécutive à la malfaçon d'un joint. La gravité des conséquences de cette fuite est attribuable aux dispositions de la chambre de chauffe, étroite, et n'offrant au personnel qu'un seul chemin normal de retraite, situé en face des chaudières.

		les parties basses comprises entre le foyer et l'enveloppe étaient inaccessibles à la visite.			
12 janv.	Usine d'électricité, à Paris.	Chaudière Belleville du type B-7 : surface de chauffe, 80 mètres carrés ; capacité, 1m3,9 ; timbre, 15 kg. Le maximum journalier de vaporisation devait dépasser 20 kg. par mètre carré de surface de chauffe et par heure. Le dernier lavage, effectué le 31 décembre, avait été fait sans grattage propre à enlever les dépôts durcis.	A 6 h. 40 du soir, ouverture du 5e tube (à partir du bas) de l'élément extrême de droite. L'ouverture, de 0m,30 de long et 0m,09 de bâillement, s'est faite à 90° à gauche de la génératrice inférieure, du côté opposé à la soudure. Le tube rompu et ses voisins montraient de l'oxydation rouge. Les portes de foyer et de boîtes à tubes étaient et sont restées fermées.	Néant.	La rupture du tube paraît devoir être rapportée à un surmenage de la chaudière à l'heure la plus chargée du service, à l'insuffisance de ses nettoyages et peut-être à un manque d'eau partiel.
12 janv.	Usine d'électricité à Paris.	Chaudière Babcock et Wilcox, comprenant 14 éléments de 10 tubes vaporisateurs de 0m,07 de diamètre, 3mm,5 d'épaisseur et 3m,66 de longueur. Surface de chauffe, 132 mètres carrés ; capacité, 8 mètres cubes ; timbre, 10 kg. Le service des générateurs de l'usine, exagérément chargé, avait conduit a en négliger les nettoyages, qu'on avait été loin de faire avec la fréquence et le soin exigés par la nature de l'eau d'alimentation.	Ouverture du 4e tube (à partir du bas) de l'avant-dernier élément de droite, sur 0m,40 de longueur, avec 0m,08 de bâillement (*fig.* 3). Ce tube contenait des dépôts formés pour 0,64 de carbonate et pour 0,46 de sulfate de chaux, et dont l'épaisseur variait depuis la génératrice supérieure, où elle était de 3 ou 4 millimètres, jusqu'à la génératrice inférieure où elle atteignait 8, 10 et jusqu'à 17 millimètres. La rupture s'est produite alors que le chauffeur avait ouvert la porte du foyer pour charger le feu. Le clapet automatique d'arrêt de vapeur a rempli efficacement son office, isolant cette chaudière dont le contenu seul s'est épandu dans la chaufferie.	Le chauffeur, qui se trouvait devant la porte ouverte du foyer, mortellement brûlé. Un autre ouvrier, présent dans la chaufferie, s'est enfui sain et sauf.	Entartrement du générateur, dont le régime des nettoyages a été insuffisant, en l'absence de moyens propres à prévenir les dépôts adhérents, et eu égard aux dispositions et aux conditions de service de l'appareil.
12 janv.	Usine d'électricité, à Paris.	Chaudière Belleville du type C-5 ; surface de chauffe, 82 mètres carrés ; capacité, 2m3 4 ; timbre, 15 kg. La puissance électrique de l'usine, à peu près constante, devait correspondre à une production de plus de 20 kg. de vapeur par mètre carré de surface de chauffe et par heure.	Ouverture du 4e tube (à partir du bas) de l'avant-dernier élément de droite, sur 0m,33 de longueur, avec 0m,09 de bâillement. Le registre se trouvant calé dans la position d'ouverture en grand, le flux de vapeur et de gaz chauds est sorti par la cheminée, sans forcer les fermetures des portes de façade, ni déplacer sensiblement les trappes d'expansion.	Néant.	La cause générale qui a amené l'accident a été le surmenage de l'appareil.

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
5 février	Fabrique de glaces à Chauny (Aisne).	Chaudière de Naeyer de 180 mètres carrés de surface de chauffe, 7 mètres cubes de capacité, timbrée à 10 kg. Comme dans toutes les chaudières de ce système, les tubes sont assemblés deux à deux au moyen de boîtes rectangulaires, et de boîte à boîte sont établies des communications obliques par des tampons extérieurs doublement coudés (*fig.* 7). Chacun des assemblages entre boîte et tampon est réalisé au moyen d'une bague biconique, pénétrant de part et d'autre dans des orifices de $0^m,118$ de diamètre; le serrage est obtenu par la pression d'une ancre extérieure dont les deux branches s'appuient sur deux tampons voisins. Le boulon de l'ancre mesure $0^m,022$ de diamètre, $0^m,26$ de longueur; il est terminé par un ergot ou tête carrée, engagé dans un logement qui fait corps avec la boîte correspondante. Sur chaque tampon doublement coudé appuient deux branches d'ancre.	Un boulon à ancre A (*fig.* 7), situé au bas du faisceau tubulaire, à l'arrière, s'est rompu, la tête carrée se séparant de la tige (*fig.* 8). Le tampon à double coude sur lequel appuyait la branche droite de l'ancre, cessant d'être maintenu par celle-ci, s'est dégagé de l'autre ancre qui appuyait sur lui et a été projeté. L'un des vantaux de la porte de boîte à tubes a été arraché de ses gonds et jeté à terre; mais le dégagement de vapeur et d'eau a été inoffensif, le local possédant une ouverture sur cour à l'arrière, de bonnes issues à l'avant, et le clapet automatique d'arrêt de vapeur ayant limité la vidange à la seule chaudière avariée.	Néant.	Fatigue et peut-être malfaçon d'un boulon à ancre d'un générateur de Naeyer, dont la disposition prête à une avarie de ce genre.
6 février	Dépôt de tramways, à Courbevoie (Seine).	Chaudière Babcock et Wilcox dont la conduite d'alimentation se terminait (*fig.* 9) par un ajutage fileté, légèrement conique, vissé dans un orifice taraudé de la paroi du générateur. Cet ajutage ne pouvait être vissé librement jusqu'à serrage, parce que [illegible]	Un ouvrier, qui avait à manœuvrer le robinet placé sur la conduite d'alimentation auprès du générateur, ayant donné un coup de marteau sur la clef pour vaincre sa résistance, l'ajutage est projeté, et l'eau à haute température jaillit par l'orifice. Il a [illegible]	Ouvrier grièvement brûlé.	Constitution défectueuse de l'assemblage qui a cédé et dont les filetages n'étaient pas en prise, l'ajutage conique ayant été arrêté dans sa mise en place par [illegible]

		[illegible] même batterie.			
19 février	Bateau de pêche à vapeur, à Boulogne (Pas-de-Calais).	Chaudière horizontale cylindrique à foyer intérieur et retour de flamme tubulaire, timbrée à 6 kg.; diamètre intérieur des tubes à fumée, $0^m,074$. Un de ces tubes, s'étant écrasé, avait été tamponné à ses extrémités, une quinzaine de jours avant l'accident, au moyen de tampons en fer tronconiques, non reliés l'un à l'autre, simplement chassés au marteau et maintenus seulement par l'adhérence. Du côté de la boîte à feu, dont l'étroitesse rendait le travail malaisé, le tampon n'avait pénétré que de 3 centimètres.	Départ du tampon placé dans la boîte à feu, pendant que le bateau était sur les lieux de pêche. La vapeur, les gaz et les escarbilles ont reflué par le foyer dans la chambre de machine. Le mécanicien devait être sur un banc, à $1^m,75$ de la chaudière et à 1 mètre de l'échelle du pont; le patron dormait sur un établi placé symétriquement, du côté opposé à l'échelle.	Les deux hommes qui se trouvaient dans la chambre de la machine ont été tués sur place.	L'accident a eu pour cause la manière vicieuse dont avait été tamponné un tube à fumée écrasé. Le tampon métallique employé n'avait pénétré dans le trou de plaque à tubes que d'une quantité minime; sa forme et le mode général de tamponnement employé prêtaient à un accident de ce genre.
24 février	Aciérie à Mont-Saint-Martin (Meurthe-et-Moselle).	Chaudière verticale, cylindrique, à foyer intérieur et tubes pendentifs Field, actionnant une grue. Surface de chauffe, 15 mètres carrés; capacité, $1^{m3},7$; timbre, 7 kg. Le foyer mesurait 1 mètre de diamètre, $1^m,43$ de hauteur; sa partie cylindrique était formée d'une seule feuille, d'une épaisseur de $9^{mm},2$ à $9^{mm},4$ en pleine tôle; toutefois cette épaisseur était seulement de 6 millimètres à $6^{mm},7$ autour de la porte du foyer, et de 7 millimètres à $7^{mm},4$ à la base. Epreuve chez le constructeur en mars 1895. La disposition des soupapes ne leur permettait que des levées de 1 millimètre et $0^{mm},5$ respectivement.	La machine était stoppée et les soupapes crachaient, lorsque la tôle cylindrique du foyer se déchire circulairement sur $0^m,40$ de longueur le long de sa jonction avec la plaque tubulaire formant ciel, et se replie sur elle-même vers l'intérieur du foyer, en s'arrachant au pourtour du gueulard (*fig.* 10 à 13). La chaudière tout entière est lancée en l'air comme une fusée. Des éprouvettes prélevées sur la partie de la tôle la moins déformée ont donné 33 kg. de résistance et 8,25 p. 100 d'allongement en long, 32 kg. et 6,75 p. 100 en travers. Cassure très feuilletée, dont l'examen n'a pu être immédiat.	Quelques dégâts matériels seulement.	La cause de l'accident n'a pu être entièrement élucidée; mais il y a lieu de retenir la faible épaisseur, eu égard au diamètre, de cette virole cylindrique extérieurement pressée.
14 mars.	Fabrique de jouets, à Paris.	Petite chaudière verticale en fonte de $0^m,42$ de diamètre, $0^m,31$ de hauteur et 4 millimètres d'épaisseur seulement, terminée à sa partie supérieure par une bride à angle vif, sur laquelle était boulonné un fond	Explosion survenue pendant que la prise de vapeur était fermée, par rupture circulaire de la paroi cylindrique à la naissance de la bride.	Démolition partielle d'une cloison de bois; pas d'accident de personnes.	L'explosion a vraisemblablement eu pour causes, d'une part, un excès de pression, auquel l'appareil était exposé en l'absence des soupapes de sûreté réglemen-

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
		hémisphérique en cuivre. Ni éprouvée, ni déclarée, ni pourvue d'appareils de sûreté. Ne fonctionnait d'ordinaire que sous une pression très faible.			taires, et, d'autre part, la constitution de cette marmite de fonte, sujette à des dilatations inégales au voisinage de l'angle de jonction de sa collerette supérieure avec sa partie cylindrique.
26 mars.	Mines de houille, à Portes (Gard).	Chaudière horizontale, non tubulaire, à un bouilleur inférieur. Surface de chauffe, 48 mètres carrés; volume, 22 mètres cubes; timbre, 5 kg. Appareil construit en 1874, mais installé comme chaudière à vapeur en 1886 seulement. Le bouilleur, de $0^m,98$ de diamètre et 10 mètres de longueur, était en tôle de 10 millimètres d'épaisseur primitive; mais il reposait, à l'arrière, sur la maçonnerie du fourneau, et le robinet de vidange, placé à cette même extrémité, fuyait depuis quelque temps, de sorte que la maçonnerie était humide; d'autre part, le charbon était pyriteux.	Arrachement d'une partie profondément corrodée, mesurant environ $0^m,20 \times 0^m,40$, à la partie inférieure arrière du bouilleur (*fig.* 14, 15 et 16). Au pourtour de l'enlevure, les épaisseurs variaient de $0^m,006$ à zéro. En grattant la suface corrodée, on a eu un échantillon d'oxyde contenant 5 p. 100 d'oxyde de fer.	Dégâts matériels importants et grand déversement de vapeur; les chauffeurs se trouvaient éloignés et se sont enfuis sains et saufs.	Corrosion extérieure profonde, développée au contact de la maçonnerie humide sous l'influence des fumées acides provenant de la combustion d'un charbon pyriteux.
7 avril.	Papeterie, à Conty (Somme).	Tambour sécheur en fonte de $2^m,50$ de diamètre et $1^m,35$ de longueur, formé d'une partie cylindrique de 22 millimètres d'épaisseur et de deux fonds nervurés, emboîtés dans la calandre et boulonnés chacun sur une bride intérieure venue de fonte avec la [illegible]	La calandre s'est brisée circulairement à chacune de ses deux extrémités, immédiatement en-deçà de la bride servant à la fixation du fond correspondant. Le fond de droite et la calandre, projetés d'un côté, défoncèrent un mur; le fond de gauche, [illegible]	Dégâts matériels; pas d'accident de personnes.	L'accident doit être avant tout rapporté à la constitution défectueuse de l'appareil eu égard à ses conditions de service. D'une part, la forme du cylindre à ses extrémités n'avait [illegible]

1er février	Usine d'électricité à Paris.	faisant moins entartré et ayant à fournir, à cette époque, une vaporisation moindre que ce qui a été dit ci-dessus pour l'accident du 1er février, mais faisant partie de la même batterie.	logue à celle du 1er février.		
19 février	Bateau de pêche à vapeur, à Boulogne (Pas-de-Calais).	Chaudière horizontale cylindrique à foyer intérieur et retour de flamme tubulaire, timbrée à 6 kg.; diamètre intérieur des tubes à fumée, $0^m,074$. Un de ces tubes, s'étant écrasé, avait été tamponné à ses extrémités, une quinzaine de jours avant l'accident, au moyen de tampons en fer tronconiques, non reliés l'un à l'autre, simplement chassés au marteau et maintenus seulement par l'adhérence. Du côté de la boite à feu, dont l'étroitesse rendait le travail malaisé, le tampon n'avait pénétré que de 3 centimètres.	Départ du tampon placé dans la boîte à feu, pendant que le bateau était sur les lieux de pêche. La vapeur, les gaz et les escarbilles ont reflué par le foyer dans la chambre de machine. Le mécanicien devait être sur un banc, à $1^m,75$ de la chaudière et à 1 mètre de l'échelle du pont; le patron dormait sur un établi placé symétriquement, du côté opposé à l'échelle.	Les deux hommes qui se trouvaient dans la chambre de la machine ont été tués sur place.	L'accident a eu pour cause la manière vicieuse dont avait été tamponné un tube à fumée écrasé. Le tampon métallique employé n'avait pénétré dans le trou de plaque à tubes que d'une quantité minime; sa forme et le mode général de tamponnement employé prêtaient à un accident de ce genre.
24 février	Aciérie à Mont-Saint-Martin (Meurthe-et-Moselle).	Chaudière verticale, cylindrique, à foyer intérieur et tubes pendentifs Field, actionnant une grue. Surface de chauffe, 15 mètres carrés; capacité, $1^{m3},7$; timbre, 7 kg. Le foyer mesurait 1 mètre de diamètre, $1^m,43$ de hauteur; sa partie cylindrique était formée d'une seule feuille, d'une épaisseur de $9^{mm},2$ à $9^{mm},4$ en pleine tôle; toutefois cette épaisseur était seulement de 6 millimètres à $6^{mm},7$ autour de la porte du foyer, et de 7 millimètres à $7^{mm},4$ à la base. Épreuve chez le constructeur en mars 1895. La disposition des soupapes ne leur permettait que des levées de 1 millimètre et $0^{mm},5$ respectivement.	La machine était stoppée et les soupapes crachaient, lorsque la tôle cylindrique du foyer se déchire circulairement sur $0^m,40$ de longueur le long de sa jonction avec la plaque tubulaire formant ciel, et se replie sur elle-même vers l'intérieur du foyer, en s'arrachant au pourtour du gueulard (*fig.* 10 à 13). La chaudière tout entière est lancée en l'air comme une fusée. Des éprouvettes prélevées sur la partie de la tôle la moins déformée ont donné 33 kg. de résistance et 8,25 p. 100 d'allongement en long, 32 kg. et 6,75 p. 100 en travers. Cassure très feuilletée, dont l'examen n'a pu être immédiat.	Quelques dégâts matériels seulement.	La cause de l'accident n'a pu être entièrement élucidée; mais il y a lieu de retenir la faible épaisseur, eu égard au diamètre, de cette virole cylindrique extérieurement pressée.
14 mars.	Fabrique de jouets, à Paris.	Petite chaudière verticale en fonte de $0^m,42$ de diamètre, $0^m,31$ de hauteur et 4 millimètres d'épaisseur seulement, terminée à sa partie supérieure par une bride à angle vif, sur laquelle était boulonné un fond	Explosion survenue pendant que la prise de vapeur était fermée, par rupture circulaire de la paroi cylindrique à la naissance de la bride.	Démolition partielle d'une cloison de bois; pas d'accident de personnes.	L'explosion a vraisemblablement eu pour causes, d'une part, un excès de pression, auquel l'appareil était exposé en l'absence des soupapes de sûreté réglemen-

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
17 avril.	Usine d'électricité, à Paris.	Chaudière Belleville du type C-7, de 116 mètres carrés de surface de chauffe, 3^{m3},6 de capacité, timbrée à 15 kg., construite en 1890. Il a production de vapeur devait dépasser 20 kg. par mètre carré de surface de chauffe et par heure. On chauffait au coke. Le fourneau portait trois trappes d'expansion ; mais sur la façade existaient des interstices de près de 1 centimètre de largeur entre les deux vantaux des portes du foyer et entre ces vantaux et le cadre des portes.	Ouverture du 6e tube (à partir du bas) de l'élément extrême de droite, sur 0^{m},46 de longueur, avec 0^{m},15 de bâillement (*fig.* 24 et 25). Le tube présentait après l'accident, outre cette déchirure principale, plusieurs fentes longitudinales, dont une bâillant de plus de 1 millimètre et longue de 0^{m},035. Des fentes analogues ont été trouvées sur le tube voisin et sur plusieurs autres. Le métal du tube rompu, ductile dans le sens longitudinal, ne pouvait supporter, dans le sens transversal, de modification de courbure sans se criquer. L'une au moins des trappes d'expansion a fonctionné, mais des jets brûlants se sont fait jour par les interstices au pourtour des portes de foyer ; c'est ce qui a brûlé le chauffeur.	Un ouvrier atteint de brûlures peu profondes, à la suite desquelles il a interrompu son service vingt-trois jours.	La rupture semble avoir été le résultat d'une altération du métal, due à une cause restée obscure.
23 avril.	Usine d'électricité, à Paris.	Chaudière Belleville du type C-10, de 166 mètres carrés de surface de chauffe, 4^{m3},950 de capacité, timbrée à 15 kg. ; tubes vaporisateurs mesurant 0^{m},114 de diamètre intérieur, 5 millimètres d'épaisseur, 2^{m},18 de longueur. Fourneau muni de trois trappes d'expansion.	Ouverture du 6e tube (à partir du bas) de l'élément extrême de droite ; la déchirure, parallèle aux génératrices en son milieu, s'infléchit aux extrémités (*fig.* 26 et 27) ; de sorte qu'un lambeau de tôle s'est rabattu vers l'extérieur, produisant une ouverture longue de 0^{m},30 et largement béante, d'aire notablement supérieure au double de la section droite du tube. Des traces de surchauffe se voyaient [illegible]	Néant, ce qui donne occasion de remarquer les effets salutaires de l'application des trappes d'expansion et des fermetures solides de devantures.	Manque d'eau.

		... pareils indicateurs du niveau de l'eau consistaient en deux tubes de verre; mais l'un d'eux avait été annulé par la fermeture de ses robinets de communication avec la chaudière, à cause d'une fuite de son robinet purgeur, et il est possible (bien qu'il y ait à cet égard une incertitude d'enquête) que l'autre fût bouché à son extrémité supérieure par la bague de caoutchouc.	... table, et il n'y eut, paraît-il, qu'une quantité insignifiante d'eau projetée hors de la chaudière.		
19 mai.	Dépôt de tramways à la Maltournée (Seine-et-Oise).	Récipient de vapeur ou *bouillotte* placée sur une voiture automotrice à aéro-vapeur (système de traction Mekarski). Cette bouillotte contient de l'eau à haute température, qu'on réchauffe et renouvelle périodiquement en y envoyant de la vapeur d'une batterie de chaudières timbrées à 6 kg.; d'autre part, en cours de marche, elle est traversée par l'air qui arrive des réservoirs ou *accumulateurs* de la voiture (où il est emmagasiné sous la pression de 40 à 45 kg.), barbote au travers de l'eau de la bouillotte et se rend de là aux cylindres moteurs. La bouillotte, qui sert ainsi de réservoir intermédiaire au fluide moteur, est timbrée à 45 kg. Construite en 1887, cette bouillotte mesurait $0^m,45$ de diamètre, $1^m,43$ de hauteur; son fond inférieur était une calotte emboutie dont les formes et épaisseurs ont été trouvées les suivantes (*fig.* 28): rayon de courbure général, $0^m,65$; rayon du congé de raccordement périphérique, $0^m,033$; épaisseur, $10^{mm},5$. Aucune vérification de l'état intérieur de ce récipient n'avait eu lieu depuis sa mise en service.	Au moment où la voiture venait d'achever au dépôt le rechargement de ses réservoirs, départ violent du fond inférieur de la bouillotte, qui s'est rompu circulairement à son congé périphérique, suivant la zone des flexions, et a été projeté vers le bas, tandis que le reste du récipient a été lancé en l'air. La ligne de séparation présentait sur presque tout le pourtour des cassures préexistantes, partant de la face intérieure et pénétrant plus ou moins profondément dans la tôle; l'une d'elles, de $0^m,30$ de longueur, ne laissait qu'une épaisseur de métal sain variant de $4^{mm},5$ à 1 millimètre. La face interne du fond qui s'est détaché portait le long de la ligne de rupture, sur une zone de $0^m,02$ de largeur, des corrosions généralement circulaires, ayant une profondeur de 1 à 3 millimètres et diminuant d'importance à mesure qu'on s'éloignait du bord de la cassure.	Un agent a été brûlé aux jambes, sans gravité.	Fissures et corrosions en sillon, développées dans le congé périphérique du fond inférieur de la bouillotte. La trop brusque courbure de ce fond, d'autant plus critiquable qu'il s'agissait d'un appareil soumis à des variations de pression étendues, explique aisément le développement de ces avaries, qui se sont produites à des degrés divers, au pourtour de tous les fonds des bouillottes du même type.

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
20 mai.	Soudière à Varangéville (Meurthe-et-Moselle).	Surchauffeur système Schwœrer, composé de tuyaux reliés par des coudes de manière à former serpentin. Le système se termine par deux tubulures en fonte de $0^m,20$ de diamètre extérieur, servant l'une à l'entrée, l'autre à la sortie de la vapeur, et faisant saillie hors du fourneau de maçonnerie. Ces tubulures ont des fonds partiellement formés d'une paroi plane dont l'épaisseur, pour le fond qui s'est brisé, n'était que de 5 à 10 millimètres (*fig.* 29). La capacité du surchauffeur est 694 litres, son timbre 12 kg.; il est adjoint à une chaudière de 79 mètres carrés de surface de chauffe et 19 mètres cubes de capacité, qui fait partie d'une batterie de six générateurs, non munie des clapets d'arrêt de vapeur prescrits par le décret du 26 juin 1886.	Le surchauffeur n'était pas en service, mais on eut à exécuter une manœuvre de vanne qui le mettait momentanément en communication avec la conduite générale de vapeur de la batterie. La pression dans cette conduite devait être $9^{kg},25$, et c'était la première fois qu'on admettait ainsi la vapeur dans le surchauffeur froid. Pendant qu'on exécutait la manœuvre, le fond plat de la tubulure de sortie se brise sur 1 décimètre carré (*fig.* 30), et un torrent de vapeur et d'eau se déverse par l'ouverture. Il y a eu entraînement non seulement d'eau, mais de dépôt boueux provenant des chaudières.	Trois employés de l'usine ont été brûlés, l'un mortellement, les deux autres d'une manière plus ou moins grave.	Vice de fabrication consistant en un défaut d'épaisseur de la paroi de fonte qui s'est brisée. Il est possible, en outre, que cette rupture ait dû en partie la gravité de ses conséquences à l'absence, sur la batterie des chaudières, des clapets automatiques d'arrêt de vapeur, ce qui a prolongé le jet de vapeur et d'eau brûlante par l'ouverture de la pièce rompue.
23 mai.	Teinturerie à Honfleur (Calvados).	Petite chaudière cylindrique verticale de $0^m,41$ de diamètre et $0^m,30$ de hauteur, formée d'une tôle de cuivre de 1 millimètre environ d'épaisseur. L'appareil n'avait pas été éprouvé, sa paroi était chauffée au-dessus du niveau de l'eau, et le tube en verre, qui était le seul appareil indicateur de ce niveau, avait sa communication inférieure bouchée par le	La virole cylindrique s'est déchirée le long de la génératrice suivant laquelle la tôle de cuivre était assemblée à elle-même par brasure, et les fonds se sont détachés.	Pas d'accident de personnes; bris de vitres.	La chaudière était installée et fonctionnait contrairement à toute prudence. Il est vraisemblable qu'une surchauffe a été la cause déterminante de l'explosion.

		avait fui et avait été l'objet [illegible?] réparation de fortune (contre-pièce *r* et entretoise *s*, *fig.* 32).	[illegible?]		[illegible?] avait précédemment montré deux fissures, dont l'une avait fui.
29 mai.	Papeterie à Miribel-les-Échelles (Isère).	Lessiveur rotatif, cylindrique, horizontal, mesurant 2m,06 de diamètre et 5m,60 environ de longueur (*fig.* 34); capacité, 18 mètres cubes; timbre, 5 kg. Appareil construit en 1881; sa partie cylindrique était formée de trois viroles, composées chacune de quatre feuilles de tôle dont l'épaisseur, réduite de quelques millimètres par l'usure intérieure, n'était plus que de 10 millimètres. L'une des feuilles de la virole du milieu portait en son centre une ouverture rectangulaire de 1m,20 × 0m,92, armée d'un cadre en fonte qui débordait vers l'intérieur de l'ouverture et contre lequel prenait appui une porte autoclave, munie de deux chevalets (*fig.* 35).	Fragmentation du lessiveur suivant des cassures qui étaient fraîches dans la tôle, tandis que le cadre en fonte, brisé en trois endroits, avait deux de ses cassures manifestement remplies depuis longtemps, sur le tiers environ de la section du cadre, par la matière noire et grasse que déposent les lessives. Cette explosion est à rapprocher de celle du 1er février 1892 à Tullins (Isère).	Dix personnes blessées légèrement.	L'explosion a eu pour cause essentielle la production de cassures dans le cadre en fonte de l'orifice de chargement. Cet orifice, en raison de ses dimensions considérables, ne pouvait être suffisamment armaturé par un cadre, dont ni la matière ni la forme n'assuraient la résistance nécessaire, et la formation des cassures qui ont compromis la solidité de ce cadre s'explique aisément.
18 juin.	Tissage de coton, à Rouen (Seine-Inférieure).	Tambour d'encolleuse de 2 mètres de diamètre et 1m,40 de longueur, construit en 1878, timbré primitivement à 2kg,5 et fonctionnant d'ordinaire à 1kg,5. Sa partie cylindrique n'était formée que d'une tôle de cuivre de 3 millimètres d'épaisseur primitive seulement, assemblée à elle-même le long d'une génératrice. En 1887, épreuve décennale sans incident. En 1896, déchirure longitudinale à la mise en marche : on fait une réparation consistant à réduire le diamètre de 0m,04; les bords de la déchirure, battus et formés en crochets, sont soudés au cuivre et raidis par un placage d'étain à l'intérieur. A la suite de cette opération, épreuve pour le timbre de 2 kg.	Ouverture du cylindre, quelques instants après une mise en fonctionnement, par une déchirure qui suit sur une certaine longueur la soudure, puis s'en écarte et se propage en pleine tôle. Un lambeau de tôle de 0m2,01 a été projeté, mais sans atteindre personne. Sur les bords de la partie déchirée située en pleine tôle, les épaisseurs mesurées varient de 2mm,2 à 1mm,9.	Néant.	Défaut de solidité originel de l'appareil, accru par les effets de l'usure, et aggravé par une réparation défectueuse faite six semaines avant l'accident.

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
19 juillet.	Réseau de tramways, à Nogent-sur-Marne (Seine).	Récipient de vapeur ou *bouillotte* d'une voiture automotrice à aéro-vapeur. Cette bouillotte était du même modèle et appartenait à la même série de fabrication que celle qui avait fait explosion le 19 mai. Déjà, au début de l'année, une première bouillotte de cette série (qui en comprenait six) avait dû être mise hors service en raison d'une fuite provenant d'une fissure au congé de l'un des fonds.	Même accident que le 19 mai, survenu également au moment où l'on venait de recharger les réservoirs d'air comprimé. La cassure circulaire, suivant laquelle le fond inférieur s'est détaché, n'était fraîche que sur une épaisseur variant de 2 à 5 millimètres. Les corrosions en sillon occupaient une zone de 2 ou 3 centimètres de largeur (*fig.* 36 et 37). Sur les trois autres bouillottes formant le complément de la série, l'enquête a reconnu des détériorations similaires ; elles ont été retirées du service.	Le machiniste et l'ouvrier du rechargement blessés grièvement.	Comme le 19 mai.
8 août.	Cartonnerie, à Pontrieux (Côtes-du-Nord).	Tambour sécheur de $1^m,20$ de diamètre et $1^m,80$ de longueur, timbré à $2^{kg},5$, construit en 1885, rééprouvé en 1895. Chacun de ses fonds portait un regard elliptique de $0^m,16$ de grand axe, $0^m,10$ de petit axe, fermé, non par un autoclave, mais par un tampon extérieur mesurant $0^m,20$ et $0^m,14$ suivant ses axes, et tenu appliqué contre l'ouverture par un T ou boulon à ancre. La constitution de ce T était vicieuse : il se composait de deux morceaux de fer, une tige cylindrique et une tête trapézoïdale ; on avait pratiqué dans la tête (probablement par poinçonnage) une cavité où l'on avait introduit l'extrémite de la tige, puis cherché à souder le tout. La soudure n'avait pas donné à l'ensemble une homogénéite suffisante ; la tête conservait une section faible à l'endroit des plus grands	On avait refait, en juillet, le joint du tampon, sans s'apercevoir que le boulon à ancre était en mauvais état. Moins de deux heures avant l'accident, le joint s'étant mis à suinter, on avait disposé une gouttière pour recueillir l'eau de la fuite ; puis, celle-ci augmentant, on s'occupait de fermer l'admission de vapeur au tambour, quand le tampon fut projeté par suite de la rupture de la tête du T en son milieu, et la vapeur se déversa par l'ouverture du regard.	Deux ouvriers brûlés, l'un mortellement, l'autre d'une manière grave.	Vice de fabrication du boulon à ancre qui maintenait le tampon. La disposition non autoclave de la fermeture n'est pas recommandable par elle-même. Mais il y a surtout lieu de retenir, dans l'espèce, que le mode de fabrication du boulon à ancre était foncièrement vicieux, et exposait au défaut de soudure qui a rendu précaire la solidité de cette pièce et qui, ultérieurement aggravé par les serrages et les corrosions, a abouti à l'accident.

	[illegible] à Dives (Calvados).	[illegible] face de chauffe, timbrée à 11 kg. — Les tubes mesurent $0^{m},11$ de diamètre et $4^{m},00$ de longueur.	dure [illegible] chaque extrémité, sur $0^{m},25$ de longueur, par propagation de la déchirure en plein métal (*fig.* 88). Le bâillement a atteint $0^{m},20$, et la déformation s'est accompagnée de criques nombreuses; un morceau de faibles dimensions a été projeté. Épaisseurs le long de la déchirure, variant de $4^{mm},1$ à $4^{mm},6$. La soudure avait eu un recouvrement insuffisant, et le métal était aigre et cassant.		[illegible]
20 août.	Brasserie, à Creil (Oise).	Générateur horizontal à deux bouilleurs, avec retour de flamme par quatorze tubes à fumée traversant le corps cylindrique; timbre, 6 kg. Tubes à fumée mesurant $0^{m},10$ de diamètre et $2^{m},50$ de longueur. Dans la construction primitive, qui date de 1882, ces tubes étaient tous en laiton, d'une épaisseur de $2^{mm},5$; depuis lors, une partie seulement des tubes en laiton avait été remplacée par des tubes en fer. Les portes de la boîte à fumée n'étaient maintenues chacune que par un loquet. La chaufferie n'offrait qu'une seule issue.	Fragmentation d'un tube à fumée en laiton de la rangée supérieure, en de nombreux morceaux qui n'ont pu être tous retrouvés; il ne restait, adhérents aux plaques tubulaires, que deux fragments longs de $0^{m},20$ et $0^{m},35$. Les épaisseurs constatées ont varié de $2^{mm},5$ à $1^{mm},5$. L'une des portes de boîte à fumée s'est ouverte sous l'action du flux de vapeur, qui a envahi la chaufferie. Voir, au sujet de cet accident et de ses analogues, *Annales des Mines*, 9e série, tome XI, p. 544 et suiv.	Le chauffeur grièvement brûlé.	Altération et usure d'un tube à fumée en laiton, de grand diamètre et de faible épaisseur, appartenant à la partie supérieure du faisceau, et dont le métal, aminci par l'usure, avait dû en outre se trouver aigri au cours de quatorze années de service. Ces circonstances générales sont celles d'autres cas analogues où des fragmentations du même genre se sont produites.
21 août.	Sucrerie, à Saint-Fargeau (Seine-et-Marne).	Chaudière verticale à foyer intérieur et bouilleurs croisés, de $5^{m2},75$ de surface de chauffe, $0^{m3},890$ de capacité, timbrée à 5 kg. Foyer de $0^{m},80$ de diamètre, avec bouilleurs de $0^{m},40$ de diamètre, construits en tôle de 9 millimètres d'épaisseur primitive. Age inconnu; dernière épreuve en 1888. La cheminée en tôle, de 8 mètres de hauteur, était pourvue d'un registre qu'on fermait presque complètement le soir, lorsqu'on voulait conserver le feu jusqu'au lendemain. De plus, la chaudière ne servait que d'une manière intermittente. De l'eau mêlée de suie avait dû goutter sur le bouilleur supérieur, situé au-dessous de la cheminée.	Déchirure du bouilleur supérieur, qui s'est crevé en pleine tôle, un lambeau de $0^{m},18$ de longueur et $0^{m},08$ de largeur se rabattant autour d'un de ses grands côtés et laissant béant un trou de mêmes dimensions. Cette partie du bouilleur était celle tournée vers le haut et située juste au-dessous de la cheminée; elle était tellement corrodée que les épaisseurs mesurées au pourtour de l'enlevure ont varié de $1^{mm},5$ à $0^{mm},7$.	Le chauffeur, brûlé aux pieds, a subi plus de vingt jours d'incapacité de travail.	Corrosion extérieure profonde du bouilleur supérieur, dans la partie de ce bouilleur située au-dessous de la cheminée. Les dispositions de cette cheminée et les conditions de fonctionnement de la chaudière prêtaient à une corrosion de ce genre, que l'exécution de l'article 36 du décret du 30 avril 1880 aurait fait apercevoir en temps utile.

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
9 sept.	Grue flottante à Rouen (Seine-Inférieure).	Chaudière verticale à foyer intérieur et tubes vaporisateurs pendentifs, système Field. Timbre, 10 kg.; tubes pendentifs de $0^m,06$ de diamètre et $0^m,003$ d'épaisseur, en fer, soudés à recouvrement.	L'un des tubes Field s'est ouvert sur $0^m,16$ de longueur, le long d'une génératrice très voisine de la soudure. Un jet de vapeur s'est fait jour par-dessous la grille du foyer.	Un ouvrier qui se trouvait à bord du ponton, reculant à la vue du jet de vapeur, est tombé à l'eau et s'est noyé.	Rupture d'un tube pendentif, système Field, dans la région de la soudure longitudinale de ce tube. La cause de cette rupture n'a pas été déterminée avec certitude.
16 sept.	Chemin de fer entre Abbeville et Dompierre (Somme).	Chaudière locomotive timbrée à 10 kg., construite en 1889, dans laquelle un tube à fumée, situé tout à fait au bas du faisceau, avait été supprimé, et les trous correspondants des plaques tubulaires avaient été obturés par de simples bouchons vissés. Le bouchon côté foyer, vissé dans la plaque tubulaire en cuivre de $0^m,025$ d'épaisseur, était en fer, de forme tronconique, avec sa grande base du côté du feu (longueur, $0^m,054$; diamètres des bases, $0^m,048$ et $0^m,045$). Il était fortement corrodé; sa tête carrée terminale avait entièrement disparu.	En cours de route, alors que le manomètre marquait, paraît-il, $8^{kg},5$, le bouchon se détache et est projeté dans le foyer, dont la porte s'ouvre sous l'action du jet d'eau et de vapeur. Il a été constaté que les filets de vis de ce bouchon, très détériorés, étaient empâtés dans du minium, des oxydes de fer et du tartre.	Mécanicien et chauffeur grièvement brûlés.	Disposition vicieuse et mauvais état d'un bouchon qui obturait, dans la plaque tubulaire du foyer, le trou correspondant à un tube supprimé.
1er oct.	Bateau à vapeur à St-Nazaire (Loire-Inférieure).	Chaudière à tubes d'eau, système Oriolle, timbrée à 8 kg.	Rupture d'un tube vaporisateur.	Chauffeur assez grièvement brûlé.	Cause non précisée.
5 octob.	Filature à Monville (Seine-Inférieure).	Chaudière horizontale à deux bouilleurs inférieurs de 27 mètres carrés de surface de chauffe, 7 mètres cubes de capacité environ, timbrée à 6 kg. Les appareils indicateurs du niveau de l'eau consistaient en un tube de verre et un flotteur magnétique. Le tube de verre communiquait avec le générateur (*fig.* 39, Pl. 12) par un tuyau de vapeur de 8 millimètres de	Ouverture du bouilleur de droite, au coup de feu, sur $0^m,80$ de longueur, avec bâillement de $0^m,20$; démolition de la devanture du fourneau. Quantité d'eau insignifiante déversée dans la chaufferie. Les deux bouilleurs étaient bleuis. Le bouilleur non rompu ne contenait presque plus d'eau. La chaudière était propre. Bien qu'il y ait eu certainement	Néant.	Surchauffe par manque d'eau, dont l'origine doit se rattacher à un fonctionnement défectueux des appareils indicateurs.

		étranglé plus d'à moitié, en un de ses points, par la rondelle d'un joint, et partiellement entartré à son insertion dans la monture inférieure du tube indicateur.			
19 oct.	Chemin de fer, ligne de Marseille à Veynes (réseau Paris-Lyon-Méditerranée).	Chaudière locomotive, dans laquelle le tube à fumée qui s'est rompu avait été mis en place en novembre 1892; c'était un tube de laiton de 2 millimètres d'épaisseur primitive, mais qui n'était pas neuf lors de sa pose dans cette chaudière; il avait été rabouté.	Rupture d'un tube à fumée qui présentait une diminution d'épaisseur importante, variable d'ailleurs d'un point à l'autre; après grattage, l'épaisseur restante s'est réduite à zéro en certains points. Le jet d'eau et de vapeur ouvrit la porte du foyer.	Mécanicien grièvement brûlé.	Usure du tube, qui ne pesait plus que 1^{kg},760 par mètre dans la région avariée et dont l'épaisseur était, par places, réduite jusqu'à néant.
2 nov.	Sucrerie à Rue (Somme).	Chaudière horizontale semi-tubulaire, à deux bouilleurs inférieurs, de 166 mètres carrés de surface de chauffe, 16 mètres cubes de capacité; timbre, 6 kg. Les appareils indicateurs du niveau de l'eau consistaient en un tube de verre et un flotteur magnétique. Ce générateur faisait partie d'une batterie dont l'alimentation était confiée à un ouvrier spécial qui se tenait sur le massif. Le jour de l'accident, l'alimenteur ordinaire n'était pas venu à son service et avait envoyé à sa place un ouvrier qui n'avait jamais fait ce travail.	L'ouvrier inexpérimenté, préposé à l'alimentation, est resté cinq heures sans envoyer d'eau dans ce générateur, parce que, dit-il, l'aiguille du flotteur magnétique restait constamment au sommet de sa course et le tube de verre contenait toujours de l'eau. Ouverture du corps cylindrique le long de la rivure longitudinale de droite de la virole d'arrière; le métal montrait des traces de surchauffe. La chaudière est restée en place, mais les dégâts ont été importants aux maçonneries et aux conduites de vapeur. Les clapets automatiques d'arrêt de vapeur ont fonctionné.	Deux ouvriers brûlés sans gravité; assez grands dégâts matériels.	Surchauffe par manque d'eau.
10 nov.	Usine d'électricité, à Paris.	Générateur Belleville type B-7, de 80 mètres carrés de surface de chauffe, timbré à 15 kg. Il paraît que l'appareil avait été lavé sept jours avant l'accident, avec détamponnage de l'élément extrême de droite. La vaporisation pouvait dépasser 20 kg. par mètre carré de surface de chauffe et par heure. Le fourneau de ce générateur portait à sa partie supérieure des trappes d'expansion.	A l'élément extrême de droite, déchirure du 9e tube à partir du bas (situé à peu près à mi-hauteur du faisceau), en dehors de la soudure et sur presque toute la longueur du tube, jusque dans la partie filetée à l'intérieur de la boîte de raccordement d'avant (*fig.* 42 à 45); bâillement, 62 millimètres. Le métal était bleui localement, et le tube contenait, vers son extrémité antérieure, un dépôt adhérent, constitué par des plaquettes de tartre agglutinées et occupant les deux tiers de la section dudit tube (*fig.* 40 et 41). Les	Néant.	Surchauffe locale, attribuable à un défaut de circulation, en raison de la présence d'un amoncellement de dépôt à l'extrémité de l'un des tubes de l'élément; les conditions de la circulation pouvaient, d'ailleurs, être rendues délicates par l'activité de la vaporisation. La manière dont le tube, sous l'influence de la surchauffe, s'est ouvert sur la presque totalité de sa longueur semble indiquer que

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
			trappes d'expansion ont fonctionné, et les fermetures de la boîte à tubes et des portes du foyer ont bien résisté.		la constitution de cette pièce présentait une anomalie.
13 nov.	Sucrerie, à Saint-Beauzire (Puy-de-Dôme).	Batterie de quatre générateurs, du type horizontal semi-tubulaire à deux bouilleurs inférieurs. Les huit bouilleurs étaient reliés, à l'arrière, par un collecteur de vidange commun, en cuivre, entièrement rectiligne, sans aucune disposition propre à ménager le jeu des dilatations (*fig.* 46 et 47). Or ce collecteur était sujet à des variations de température très étendues, car, placé dans un couloir d'arrière où la température de l'air a été trouvée égale à 62°, il servait non seulement comme conduite de vidange, mais aussi, à certains moments, comme conduite d'emplissage des générateurs hors feu, et dans ce cas il recevait l'eau d'un réservoir où la température était 7°. Le couloir d'arrière, dont la largeur était seulement 1m,40, n'avait d'issue qu'à une extrémité, opposée à celle par laquelle on pouvait faire arriver l'eau froide du réservoir dans ce collecteur en cuivre.	La chaudière la plus voisine du point d'arrivée de l'eau froide dans le collecteur d'arrière présentant quelques fuites, on avait mis cette chaudière hors feu; après qu'elle fut vidangée, voulant s'assurer de la position des fuites, on la remplit d'eau, ce qui fut fait en partie en envoyant de l'eau froide par le collecteur d'arrière; enfin l'on se mit en devoir de la vider derechef au moyen de ce même collecteur. A ce moment, rupture d'un des deux robinets de vidange appartenant à la chaudière de l'extrémité opposée, au ras du collet de la bride par lequel ce robinet, qui reliait le bouilleur au collecteur en cuivre, était greffé sur le bouilleur. Cette chaudière était en service, et l'eau à haute température jaillit par l'ouverture; l'ouvrier qui se trouvait au fond du couloir dut, pour s'enfuir, traverser le jet brûlant. La cassure du collet de bride était saine, et il a été constaté que les attaches du collecteur, correspondant à plusieurs tubulures similaires	Un ouvrier brûlé mortellement.	Efforts anormaux dus aux dilatations et contractions éprouvées par le collecteur en cuivre, dans l'installation duquel aucune précaution n'avait été prise pour ménager, comme la nécessité s'en imposait, le jeu des dilatations.

		un troisième parcourt le long du corps cylindrique principal. Surface de chauffe, 68 mètres carrés ; capacité, $8^{m3},5$; timbre, 8 kg. ; construction en 1892. Le corps cylindrique principal, de $1^{m},46$ de diamètre (*fig.* 48) et $4^{m},20$ de longueur, était formé de trois viroles en tôle de 11 millimètres ; rivures doubles. La tôle de la demi-virole supérieure d'avant, essayée à la traction après l'accident, a montré une ductilité irrégulière, et à l'analyse chimique des proportions variables de phosphore allant jusqu'à 0,325 p. 100. Les essais de pliage ont accusé un défaut de flexibilité.	vembre, fuite sur au moins [illegible] de long, au même endroit qu'en janvier ; la chaudière est mise hors feu et vidangée. Le lendemain un chaudronnier, après simple inspection extérieure, exécute un matage, puis on emplit la chaudière, et il mate de nouveau pour aveugler des suintements. On allume alors le feu ; peu de temps après que le manomètre eut été vu à 4 kg., explosion du corps cylindrique, dont la virole d'avant s'ouvre le long de la rivure qui avait fui, par une rupture de la tôle supérieure et intérieure, le long de la rangée supérieure de rivets (*fig.* 49 à 54). La section de rupture montrait, sur plus de $0^{m},65$ de longueur, une cassure ancienne plus ou moins profonde. La tôle portait les empreintes de matages répétés.		voisine du bord de la tôle extérieure. Elle était en partie ancienne ; elle s'est développée dans une tôle de qualité médiocre, sous l'action de matages répétés, effectués à l'extérieur sur la tôle adjacente. Il n'y avait pas, sans danger grave, compatibilité entre la nature de cette tôle et les matages qui ont été appliqués contre elle.
9 déc.	Chemin de fer, près de Montluçon (réseau d'Orléans).	Chaudière locomotive, dans laquelle le tube à fumée qui s'est rompu était un tube en laiton de $0^{m},048$ de diamètre intérieur et $2^{mm},75$ d'épaisseur primitive, rabouté en cuivre rouge.	Le tube s'est aplati à $0^{m},45$ de l'extrémité côté foyer. Le jet de fluides qui a atteint le chauffeur s'est fait jour autour de la porte du gueulard (foyer Ten-Brinck).	Chauffeur brûlé (trente-deux jours d'incapacité de travail).	L'écrasement du tube paraît avoir été le résultat de son usure.
23 déc.	Hauts-fourneaux, à Marnaval (Haute-Marne).	Chaudière de Naeyer de 82 mètres carrés de surface de chauffe, timbrée à 6 kg., construite en 1889. Tubes vaporisateurs de $0^{m},11$ de diamètre.	Ouverture d'un tube de la rangée inférieure, sur $0^{m},33$ de longueur, en forme de boutonnière. L'avarie s'est produite au moment où la chaudière venait d'être mise en pression.	Néant.	Cause non déterminée.

RÉSUMÉ.

RÉPARTITION DES ACCIDENTS.

DÉSIGNATION		NOMBRE	TUÉS	BL[illegible]
I. — Par nature d'établissements :				
Mines, carrières et annexes	Mine de houille	1	»	»
	Fabrique de plâtre	1	1	»
Usines métallurgiques	Hauts-fourneaux et aciérie	2	»	»
	Atelier de mécanicien	1	»	»
	Electro-métallurgie du cuivre	1	»	»
Industries alimentaires	Sucreries	4	1	2
	Brasserie	1	»	1
Industries chimiques	Fabrique de soude	1	1	2
	Fabrique de glaces	1	»	»
Tissus et vêtements	Filature et tissage	2	»	»
	Teinturerie	1	»	»
	Fabriq. de baleines de corne	1	»	1
Papeteries, fabriques d'objets divers	Papeteries et cartonneries	4	4	1
	Fabrique de charbons pour l'électricité	1	4	»
	Fabrique de bobines	1	»	2
	Fabrique de jouets	1	»	»
Entreprises d'éclairage électrique		9	1	1
Chemins de fer et tramways	Locomotives à vapeur	3	»	4
	Automobiles à aéro-vapeur	2	»	2
	Usine génératrice (traction par locomotives sans foyer)	1	»	1
Bateaux et engins flottants	Bateaux à vapeur pour transports divers	3	1	8
	Bateau de pêche à vapeur	1	2	»
	Grue flottante	1	1	»
Totaux		44	16	25
II. — Par espèces d'appareils.				
1° *Chaudières chauffées en tout ou en partie à l'extérieur :*				
Horizontales non tubulaires, à foyer extérieur		4	»	3
Horizontales semi-tubulaires	à foyer extérieur	4	1	2
	à foyer intérieur (**)	1	4	»
Verticales non tubulaires, à foyer extérieur (***)		2	»	»
A petits éléments (tubes d'eau)		15	4	3
2° *Chaudières non chauffées à l'extérieur :*				
Horizontales tubulaires	à flamme directe	4	»	4
	à retour de flamme	3	3	7
Verticales		4	2	1
3° *Surchauffeur*		1	1	2
4° *Récipients*		6	1	3
Totaux		44	16	25

(*) Ayant eu plus de vingt jours d'incapacité de travail. Pour les blessures moins graves, voir le bulletin détaillé, qui mentionne tous les blessés signalés par l'enquête administrative.

(**) Chaudière à foyer intérieur, retour de flamme tubulaire, et chauffage extérieur par troisième parcours des gaz.

(***) Petites chaudières d'environ 0m,40 de diamètre et 0m,30 de hauteur.

III. — D'après les causes présumées résultant de l'étude des dossiers administratifs.

1° *Conditions défectueuses d'établissement :*

Corps cylindrique non circulaire et inaccessible à une visite complète	1	18
Fonds emboutis de mauvaise forme, à courbure périphérique trop brusque	2	
Tube à fumée en laiton de grand diamètre et de faible épaisseur	1	
Chaudière de cuivre chauffée au-dessus du niveau de l'eau, dépourvue d'appareils de sûreté et non éprouvée	1	
Cylindre de cuivre trop mince	1	
Orifice de chargement insuffisamment armaturé par un cadre en fonte	1	
Tuyau collecteur de vidange et d'emplissage à dilatations non ménagées	1	
Constitution défectueuse d'un assemblage par vis conique	1	
Boulons à ancre d'une disposition peu sûre ou mal fabriqués	3	
Pièces de fonte... de mauvaise forme ou prêtant aux dilatations inégales	3	
Pièces de fonte... présentant un défaut d'épaisseur	1	
Tôle de qualité insuffisante pour les actions qu'elle a subies	1	
Tube vaporisateur mal fabriqué	1	

2° *Conditions défectueuses d'entretien :*

Corrosions.. extérieure au contact de maçonnerie humide	1	14
Corrosions.. du côté du feu dans des foyers intérieurs	3	
Corrosions.. et fatigue d'un corps de chaudière mal disposé et mal entretenu	1	
Fissuration le long d'une rivure, développée sous l'action de matages répétés	1	
Usure et altération de tubes à fumée en laiton	3	
Usure et réparation défectueuse d'un cylindre de cuivre	1	
Fatigue d'un boulon à ancre	1	
Tamponnages défectueux de trous de plaques tubulaires	2	
Malfaçon d'un joint de trous d'homme	1	

3° *Mauvais emploi des appareils :*

Surchauffe .... par manque d'eau	5	15
Surchauffe .... par défaut de nettoyage ou par surmenage	7	
Excès de pression	1	
Serrages de joints intempestifs	2	

4° *Causes non précisées* 5

Total 52

NOTA. — On trouve 52 causes pour 44 accidents, parce que, dans 8 cas, l'accident a été porté comme dû à la coexistence de 2 causes, savoir : 1° corps cylindrique non circulaire et inaccessible à une visite complète, et défaut d'entretien (2 janvier) ; 2° boulon à ancre d'une disposition peu sûre et peut-être mal fabriqué, et fatigue de cette pièce (5 février) ; 3° mauvaise forme d'un tampon en fonte fermant un trou d'homme, et serrage intempestif du joint (7 avril) ; 4° boulon à ancre d'une disposition peu sûre, et serrage intempestif (12 avril) ; 5° pièce de fonte prêtant aux dilatations inégales, et excès de pression (14 mars) ; 6° cylindre de cuivre trop mince, usure et réparation défectueuse de ce cylindre (18 juin) ; 7° tube à fumée en laiton de grand diamètre et de faible épaisseur, et usure et altération de ce tube à fumée (20 août) ; 8° tôle de qualité insuffisante pour les actions qu'elle a subies, et matages répétés qui ont développé dans cette tôle une fissuration le long d'une rivure (29 novembre).

CHRONIQUE.

N° 10

Note sur un enregistreur des débits d'un déver[...]

Par M. HÉGLY, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

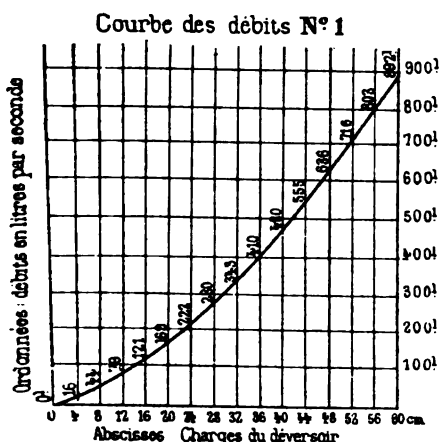
M. l'Inspecteur général Bazin a fait connaître aux lecteurs [...] *Annales* (octobre 1888) les procédés d'expérimentation dont [...] fait usage dans ses études de l'écoulement en déversoir. Cha[...] par lui de faire construire les divers instruments nécessaires [...] opérations, nous avons été conduit à étudier un appareil en[...]gistrant les débits du déversoir de jaugeage établi à l'amont [...] la rigole d'expériences. Après une série d'essais, nous somm[...] arrivé à donner à cet instrument une forme à peu près défi[...]tive, sous laquelle il a fonctionné pendant les campagnes de 18[...] et 1894, et qui peut, tout au moins, servir d'indication à qui vo[...]drait en faire construire un semblable. C'est pourquoi n[...] croyons utile d'en donner ici une description sommaire comp[...]tée par une planche de dessins.

On sait que le débit d'un déversoir est donné par la formule

$$q = mlh\sqrt{2gh} = mah^{\frac{3}{2}},$$

a représentant le produit des facteurs constants; *h*, la charge [...] hauteur d'eau au-dessus du seuil; et *m*, un coefficient variab[...] avec les conditions de l'écoulement. Les expériences nouvell[...] de M. Bazin ont eu pour résultat de faire connaître la loi d[...] variations de ce coefficient dans un grand nombre de cas bie[...] déterminés, et d'éclaircir les phénomènes assez compliqués aux[...]quels donne lieu ce genre d'écoulement. En particulier, no[...] connaissions, dès le début des expériences, la série des valeurs [...] de *m* applicable au déversoir de 1^{m},13 de hauteur, à nappe libre [...] et sans contraction latérale qui a servi de déversoir de jaugeage

ndant toute la durée des opérations. Nous avons donc pu, en pliquant la formule ci-dessus, construire une courbe des dé- ls de ce déversoir par seconde et par mètre courant de seuil. Cette courbe, que nous avons d'abord tracée en faisant usage coordonnées rectangulaires, a servi de base à notre étude de nregistreur : nous la reproduisons ci-dessous. On pourrait de



nême construire la courbe de la dépense pour tout déversoir lont la loi des variations de *m* dépendrait uniquement des varia- ions de la charge *h*.

L'instrument se compose de deux caisses métalliques superpo- ées (*fig.* 1 et 2, Pl. 13) renfermant, l'une, le cylindre enregistreur, et l'autre, un organe de transformation des variations de la charge *h* en variations du débit *q*. Le tout est porté par des pieds en fer et placé au-dessus d'une chambre latérale communiquant avec la rigole par une ouverture inférieure; cette chambre, située en amont du déversoir, renferme un flotteur dont les mouve- ments sont transmis, à l'aide d'un fil d'acier et d'une chaîne galle, à l'appareil de transformation.

Nous nous sommes proposé d'enregistrer les débits du déversoir de jaugeage pour des charges comprises entre 0 et $0^m,48$, chiffre que nous ne pouvions pas dépasser. Dans ces conditions l'or- gane de transformation comporte, montées solidairement sur un même manchon, une roue dentée (*fig.* 3), dont le cercle primitif

développe exactement $0^{m},48$, et une spirale (*fig.* 4) qui repr en coordonnées pola entre l'origine et la cha $0^{m},48$, la courbe des bits représentée ci-de en coordonnées recta laires. La roue dentée actionnée par la cha galle du flotteur qui ainsi tout l'appareil mouvement.

Pour construire cette s rale, il a suffi de port sur des rayons vecte dont les angles polair correspondaient à des leurs déterminées de charge, des longueurs ég les aux coordonnées de courbe n° 1, augment d'une constante égale $0^{m},05$. Si l'on imagi qu'une règle AB soit sujettie à se mouvoir to jours suivant une mê direction passant par le centre O, de telle façon que son extrémi B reste en contact avec la spirale, on comprend que ce point B se déplacera de quantités représentant les variations du débit pour les variations correspondantes de la charge qui ont déterminé les mouvements du flotteur. Cette construction réalise en définitive une transformation de mouvement par excentrique ou came.

Le contact de la tige verticale et de la spirale se fait par l'intermédiaire d'un galet (*fig.* 8 et 9), et nous avons obtenu la courbe réelle qu'il doit parcourir en traçant d'abord, comme il est dit plus haut, la trajectoire du point B, puis en portant, sur des normales à celle-ci, des longueurs égales au rayon du galet.

A sa partie supérieure, la tige porte un chariot guidé par deux petites colonnes ; elle est reliée à un contrepoids qui lui laisse un poids juste suffisant pour assurer le contact du galet inférieur avec la spirale. C'est au chariot qu'est fixée la plume de l'enregistreur (*fig.* 6 et 7).

Le cylindre a reçu des dimensions un peu grandes en raison des indications particulières que devait fournir l'instrument pendant les expériences : il a une hauteur de 0^m,25 et fait un tour complet en douze heures ; nous donnons pl. 13 une réduction de l'un des diagrammes qu'il nous a fournis. Les observations se faisaient sur une série de débits très variables, ce qui explique la forme dentelée du tracé ; dans les cas ordinaires où l'enregistreur pourrait être utilisé, la courbe serait moins accidentée ; on pourrait alors réduire la hauteur du cylindre et augmenter notablement la durée du tour complet.

Comme accessoires, les dessins montrent une seconde spirale en tout semblable à celle que nous avons décrite ; elle a été retournée et placée contre la première pour former un système tournant qui soit en équilibre dans toutes les positions. On voit aussi, en avant de la roue dentée, un cadran qui indique les variations de la charge à l'aide d'un doigt fixé à l'une des spirales. Enfin, dans le prolongement de la plume de l'enregistreur, un autre index montre à la fois, sur une échelle verticale, la charge et le débit correspondants. Ces graduations sont nécessaires pour le réglage et la mise en concordance des différentes parties de l'instrument.

M. Parenty avait déjà réalisé (*), par un dispositif renfermant aussi une spirale, la proportionnalité des déplacements verticaux d'un fil aux dépenses d'un orifice noyé sur la face aval. La méthode de transformation que nous avons employée peut être appliquée à divers écoulements, par orifice, par déversoir ou en canal découvert et, en général, dans tous les cas où, en un point convenablement choisi de la section du courant, il existe une loi unique et bien déterminée qui lie les débits aux niveaux de l'eau en ce point, loi que l'on traduit ensuite par une courbe, comme nous l'avons fait pour un déversoir à nappe libre.

Sedan, le 24 décembre 1897.

(*) *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 1er semestre 1887.

N° 11

Consolidation du pertuis de Régny sur la Cure par injections de ciment

Par M. BREUILLÉ, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Le barrage de Régny sur la rivière de Cure a été constru[it il] y a cinquante ou soixante ans.

Il est complètement en maçonnerie et comprend :

1° Un pertuis ayant 6m,20 d'ouverture linéaire ;

2° Un déversoir fixe d'une longueur de 168m,00 ;

3° Un gauthier (*) ayant 4m,50 d'ouverture linéaire.

La chute moyenne est de 1m,55.

L'ouvrage est fondé en partie sur du gros gravier au-des[sous] duquel on trouve du calcaire fissuré, en partie sur le calc[aire] lui-même.

L'état du barrage, en 1890, faisait craindre un accident ; [le] mortier de la maçonnerie paraissait avoir été presque complè[te]ment entraîné par les eaux, et il ne restait qu'une maçonne[rie] en pierres sèches n'ayant encore subi aucune déformati[on] sensible.

L'ouvrage a été consolidé par des injections de ciment [de] Portland, en commençant par le pertuis qui était la partie [la] plus mauvaise.

Le travail a été exécuté sous la direction de M. le cond[uc]teur Saffroy.

Pertuis. — Le plan d'eau a été abaissé à l'amont autant q[ue] possible sensiblement au niveau du radier du pertuis, et l'éco[u]lement de l'eau a été assuré par le gauthier.

Des moellons du radier ou des plateformes ont été enlevés [...]

(*) Le gauthier du barrage de la Cure est un pertuis auxiliaire q[ui] ne sert plus aujourd'hui qu'à l'écoulement des grands eaux et du f[lot] à bûches perdues. Autrefois on le débouchait aussi à la fin d[e] l'éclusée pour soutenir le niveau de l'eau à l'aval, quand le débit d[u] pertuis devenait insuffisant.

place en place en des points distants environ de 3^{m},00 les uns des autres. Dans chacun des trous on a engagé la partie inférieure d'un tuyau en poterie de 15 centimètres de diamètre. D'autres tuyaux furent placés au-dessus des premiers de manière à former des cheminées de 1^{m},20 de hauteur, dans lesquelles un homme pouvait facilement faire couler du mortier.

Le pied des tuyaux inférieurs et les joints des autres ont été garnis de ciment de Vassy, de façon à ce que tout liquide versé dans la cheminée pénètre dans la maçonnerie.

Plusieurs équipes de maçons ont fait alors dans des auges un mortier liquide composé de 4/5 de ciment de Portland et 1/5 de sable fin. Ce mortier a été versé dans les cheminées jusqu'à ce qu'il vienne en affleurer la partie supérieure, et le coulage a continué tant que ce niveau ne s'est pas maintenu fixe. Les maçons étaient assez nombreux pour qu'il n'y ait pas d'arrêt dans le coulage.

Le mortier sous l'effet de la pression produite par la colonne de mortier des cheminées pénétrait dans le massif de maçonnerie. L'eau en excès dans le mortier s'écoulait vers l'aval ou ressortait par le haut des tuyaux.

Le coulage a été fait de l'amont à l'aval par groupe de deux ou trois cheminées. Puis, lorsque le mortier eut commencé sa prise, les tuyaux en poterie ont été cassés à leur base au niveau du radier ou de la maçonnerie.

Si, pendant l'opération, le mortier sortait par quelque joint de la maçonnerie, il suffisait de le lisser à la truelle pour l'arrêter.

L'opération du coulage a été complétée par une réfection des joints.

Le barrage a été remis en charge complète huit jours après l'opération du coulage qui avait duré deux jours.

En un seul point l'eau a recommencé à sourdre à travers les maçonneries; un coulage fait l'année suivante a rendu le pertuis étanche.

Digue. — La digue-déversoir a été coulée en Portland, comme le pertuis. On a démoli la maçonnerie par place pour avoir les vides nécessaires au logement de la base des cheminées de coulage.

L'opération a bien réussi.

Gauthier. — Le gauthier était miné par les eaux, de telle sorte que le mortier a commencé à tomber dans la fosse d'aval aussi-

tôt que le coulage a commencé. L'opération a dû être arr
La fosse creusée par les eaux s'étendant sous le gauthier,
partie de barrage a été reconstruite entièrement.

Résultats obtenus. — Depuis 1891, le pertuis et la digue
parfaitement résisté.

Nous avons tenu à vérifier sur une portion de digue la ma
dont le mortier coulé se comportait pendant le coulage e
qu'il donnait au bout de quelques années, afin de savoir q
confiance on pouvait avoir dans un ouvrage ainsi consolid
nous avons constaté que, sous l'effet de la pression produit
le mortier contenu dans les cheminées de remplissage, le mo
coulé a pénétré dans tous les joints de la maçonnerie et m
dans le sol de fondation qui s'est ainsi trouvé relié à la ma
nerie elle-même. Le mortier était très dur, homogène et s'é
dait assez loin dans le sol.

L'ouvrage peut résister longtemps.

Pour le pertuis le volume du mortier employé a été enviro
35 0/0 du cube de maçonnerie. Cette quantité est très sens
ment égale au volume de mortier qui entre dans un mètre c
de maçonnerie. Ces 35 0/0 comprennent : 1° le mortier néces
au remplissage des vides produits dans la maçonnerie par
traînement des anciens mortiers; 2° le mortier qui a pén
dans le sol de fondation. L'exécution a été nécessairement
rapide : deux jours en 1890, et un jour en 1891. La dépense a
de 1.928 francs. La reconstruction d'un pertuis semblab
Arcy avait coûté 29.086 francs.

Quant à la digue-déversoir nous n'avons pas de points de c
paraison au point de vue de la dépense, car nous avons pu c
solider par injection de ciment les digues de la Cure flotta
sans être obligé d'en reconstruire une seule. Le volume de m
tier employé a été de 30 à 40 0/0 du cube de maçonnerie co
lidée suivant les cas.

Nous avons donc obtenu, avec une solidité très suffisante,
grande rapidité d'exécution et une économie importante.

Auxerre, février 1898.

N° 12

[N]ote sur le déplacement de la porte monumentale de la Préfecture maritime de Rochefort.

Par M. MAZEROLLE, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

A la suite de l'incendie du 4 mars 1895, qui détruisit l'aile nord [d]e la Préfecture maritime de Rochefort et endommagea une par[ti]e du corps principal, il fut dressé un plan de reconstruction et [d]e remaniement, comprenant non seulement la réédification de [l']aile incendiée et les réparations du corps principal, mais encore [l]a démolition et la réédification de l'aile sud; l'incendie avait, [à] la vérité, respecté cette partie de l'édifice, mais son état de [v]étusté et son alignement défectueux appelaient depuis long[t]emps la pioche des démolisseurs.

La nouvelle implantation de l'aile sud dans l'alignement de la [ru]e Amiral-Courbet entraînait, d'une part, la démolition des [an]ciennes servitudes et, d'autre part, le déplacement de la [p]orte monumentale d'entrée qui, élevée à l'époque où les voies [r]iveraines n'étaient pas tracées, ne respectait ni l'alignement de [l]a rue Amiral-Courbet, ni celui de la rue Toufaire.

Le caractère monumental de la porte et son ancienneté (*) en [a]yant fait désirer la conservation, il fut décidé qu'elle serait [d]éplacée d'un seul bloc pour être amenée par glissement dans [s]a position nouvelle ; la démolition pierre par pierre n'avait pas [p]aru possible en raison de l'existence de nombreux crampons de [f]er dans les pierres de l'entablement et des sculptures; d'ailleurs, [l]es ressources du port de guerre en apparaux pour les ma[n]œuvres de force devaient rendre cette opération relativement [é]conomique.

Nous nous proposons de décrire dans la présente note les moyens mis en œuvre pour réaliser cette opération.

Description de la charpente de manœuvre (Pl. 14). — La porte mesure 10m,36 depuis le sol jusqu'au sommet des sculptures;

(*) La construction de cette porte remonte aux environs de 1720.

elle se compose de deux piédroits réunis par un plein de $1^m,62$ de rayon ; l'épaisseur de la maçonnerie n'est que de cette faible épaisseur et la masse relativement considérable l'entablement et des sculptures exigeaient des dispositions pour s'opposer à un renversement éventuel ; la charpente tinée à consolider la porte et à l'accompagner dans son ment fut donc constituée de la façon suivante :

Deux ceintures de bois composées de pièces de $\frac{0,2}{0,2}$ placées l'une sous l'entablement, l'autre à la hauteur sances de l'archivolte ; une troisième ceinture, composée fers à I de $0^m,30$ de hauteur réunis par des petits I trave piédroits et scellés dans la maçonnerie, était placée à l'écartement de ces trois ceintures était maintenu par de bois debout C sur lesquelles venaient s'assembler des dont le pied reposait sur deux pièces A de 10 à 12 longueur traversant perpendiculairement les piédroits.

L'ensemble de cette charpente était triangulé à l'aide de Saint-André dans le plan de l'enrayure et dans les d'étaiement ; il y a lieu de comprendre également dans pente mobile les coulisseaux placés sous chaque piédroit les pieds de chaque étai et réunis par des cornières et des bois aux grandes pièces horizontales A. Ces coulisseaux glisser sur la surface suiffée de couettes(*) fortement calées le sol ; en résumé, la porte et toute la charpente mobile saient en six. points : les deux piédroits et les quatre l'intermédiaire de huit coulisseaux sur des couettes suiffées posées suivant l'alignement du déplacement projeté.

Exécution de la charpente. — L'exécution de ces travaux paratoires eut lieu comme suit :

On plaça d'abord les deux fers à I scellés fortement maçonnerie ; puis, après les avoir calés par précaution de côté des piédroits, on perça dans la maçonnerie des de $0^m,30 \times 0^m,30$ pour recevoir les longues pièces A furent mises en place en appliquant exactement leur supérieure sur la maçonnerie ; on monta ensuite sans diffi tout le reste de la charpente. Nous ferons remarquer ici avait jugé inutile de mettre la voûte sur cintre, vu l'existence

(*) *Couettes*, terme de charpente navale usité pour désigner les pièces longitudinales parallèles au mouvement de glissement.



essus des naissances d'une grille fixe en fer assujettissant les oussoirs.

Pour placer les coulisseaux, on soutenait chaque piédroit à l'aide de vérins prenant appui sur les fers à I et sur les pièces A ; on ruinait la maçonnerie par moitié au-dessous des pièces A ; on passait alors un premier coulisseau et les couettes correspondantes préalablement suiffées en appuyant fortement le dos du coulisseau sur la maçonnerie, de façon à faire refluer le ciment dont on l'avait graissé pour faire disparaître les irrégularités du portage. Quand le premier coulisseau était placé, on calait définitivement les couettes correspondantes; puis on ruinait l'autre moitié de la maçonnerie et on passait le second coulisseau et ses couettes. Les coulisseaux et les couettes des jambes de force furent placés sans difficulté.

Exécution de la manœuvre. — Pour amener la porte dans sa nouvelle position qui, ainsi que nous l'avons dit, était imposée par l'alignement des rues Amiral-Courbet et Toufaire, on devait la déplacer de 2m,78, suivant la direction de la rue Amiral-Courbet, et 2m,42 suivant celle de la rue Toufaire, et enfin la faire tourner de 1° 42'.

Tout mouvement dans un plan pouvant se ramener à une translation et une rotation, il fut décidé qu'on exécuterait une translation générale oblique à la direction de la porte, de façon à amener le centre du jambage nord à sa nouvelle position, soit à 3m,68 de l'ancienne, puis une rotation autour de ce point comportant pour le jambage sud un déplacement de 0m,15. Les nouvelles fondations avaient été préalablement exécutées, et le sol remplacé entre les nouvelles et les anciennes fondations par une couche de béton de 0m,30 d'épaisseur.

La translation se fit à l'aide de deux cabestans manœuvrés chacun par dix-huit hommes ; chaque cabestan agissait isolément sur un jambage par l'intermédiaire d'un palan à quatre brins, dont la chape fixe prenait point d'appui sur deux pieux de retenue par l'intermédiaire d'un dynamomètre, et dont la chape mobile venait crocher dans une chaîne faisant le tour des coulisseaux placés sous les piédroits.

Le glissement fut effectué le 10 juillet 1897, de trois heures à quatre heures de l'après-midi, en présence de M. le vice-amiral Prouhet, commandant en chef, préfet maritime, et des chefs de service du port.

Les couettes avaient été soigneusement enduites de suif

et de savon noir ; le départ, aidé par des vérins, eut lorsque les dynamomètres marquaient l'un 5 tonnes, l'autre plus grand effort atteint fut de 8.700 kilogrammes ; mais, général, le glissement avait lieu lorsque les dynamomètres quaient 7 tonnes ; la porte en effet avançait, non par secous car le mouvement était remarquablement doux, mais pour dire par enjambées successives, l'ensemble des transmissi se tendant et se détendant successivement.

La porte fut amenée ainsi sans incident notable à sa nouv position ; le lendemain matin, on procéda à l'aide de vérins mouvement de rotation de 1° 42. On avait préalablement cal nouveau le jambage sud et déplacé les couettes sous les cou seaux pour permettre le mouvement.

Il y a lieu de remarquer ici que le mouvement, avec des véri donnait lieu également à des enjambées successives, mais d'u amplitude bien moindre, il est vrai. Ceci s'explique aisément l'élasticité des points d'appui.

La reconstruction en sous-œuvre des jambages eut lieu sa difficulté ; on procéda exactement en sens inverse de la premi opération.

On n'a constaté à aucun moment le moindre mouvement da les maçonneries, et maintenant que les annexes de la porte so reconstruites, rien ne rappelle la translation qu'elle a subie.

Considérations générales et conclusion. — L'ensemble de maçonnerie et de la charpente pesait environ 70 tonnes ; comm la surface frottante des coulisseaux sur les couettes était po chaque jambage de $2^{m2},88$, la pression ressort à $1^{kg},2$ par cen mètre carré. On peut rapprocher de ce chiffre les pressions 6 à 7 kilogrammes auxquelles les coulisses peuvent être so mises dans les lancements de bateaux. Nous ajouterons qu'il e bien difficile de dire si la pression de $1^{kg},2$ s'exerçait réelleme sur les coulisseaux des piédroits, car une partie du poids dev se reporter sur les coulisseaux des étais qui avaient été forteme coincés ; cette hypothèse serait d'ailleurs défavorable au coeffi cient de frottement.

Le coefficient de frottement s'est élevé jusqu'à $\frac{1}{4,37}$ (0,229

mais le coefficient normal paraît avoir été de $\frac{1}{5}$ (0,20). Ce chiffres indiquent qu'il n'y a pas eu de résistances supplémen taires ; ils sont compris en effet entre les chiffres de 0,14 et 0,2

liqués généralement pour le frottement de bois sur bois, les rfaces étant savonnées.

Les dépenses se sont élevées à la somme de 1.950 francs. Ce iffre ne comprend que les dépenses de la main-d'œuvre et de charpente provisoire, tous les apparaux de force ayant été étés par la Direction des constructions navales.

Nous avons exécuté ce travail sous la direction de M. l'Ingénieur chef POLONY, directeur des travaux hydrauliques, avec l'aide M. le Conducteur des travaux hydrauliques GIRAUD, au conurs duquel nous sommes heureux de rendre ici hommage.

Rochefort, le 17 janvier 1898.

N° 13

Note sur le pavage en bois du pont suspendu d'Avignon

Par M. ARMAND, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Le pont sur lequel la route nationale n° 100 traverse le Rhô à Avignon comprend, sur le bras du fleuve le plus voisin de ce ville, un pont suspendu d'une portée de 226^m,60 en trois travé Ce pont, construit vers 1843 par les frères Seguin et concédé la ville d'Avignon, a toujours été le siège d'une circulati considérable; et, avant le rachat par l'État, en 1872, le reve brut du péage atteignait 84.000 francs par an. Depuis, la circu tion s'est encore accrue, en raison tant de la gratuité du passag que de l'ouverture de la voie ferrée de la rive droite du Rhô dont la station de Pont-d'Avignon dessert spécialement la vi même d'Avignon. D'après les comptages de 1894, la circulati journalière serait actuellement de 1.600 colliers.

Aussi, dès 1886, l'Administration s'était-elle préoccupée mieux assurer la sécurité de ce passage, et avait-elle approu un projet de transformation du pont ancien système en po rigide à pièces amovibles. Ce projet fut exécuté en 1887-1889 p M. Arnodin; la suspension fut entièrement renouvelée, et l' remplaça les anciens garde-corps et poutrelles en bois par de pièces métalliques.

Mais on avait maintenu l'ancien platelage, constitué, comm dans tous les ouvrages de cette nature, par un cours de madrie longitudinaux de 0^m,08 d'épaisseur, recouvert d'un cours d planches transversales de 0^m,05. Avec la circulation intense de voitures et la sécheresse du climat, ce platelage était consta ment en réparation, au grand détriment de la circulation sur un voie charretière de 4^m,50 seulement de largeur, et les dépense d'entretien étaient considérables, atteignant environ 6.000 franc par an pour une surface de 980 mètres carrés.

Aussitôt le travail de transformation du pont terminé, no nous demandâmes s'il ne serait pas possible de profiter de la rigidité du nouveau tablier pour remplacer ce platelage par des pavés en bois debout. Mais il fallait à ce pavage une fondatio

solide, et nous avons voulu tout d'abord éviter le béton, que les trépidations pouvaient disloquer. Nous préparâmes alors et fîmes adopter par l'Administration un projet comprenant un plancher en tôle d'acier de 0m,004, supporté par des fers I de 100 × 60 × 4, espacés de 0m,210 d'axe en axe, boulonnés tant sur les poutrelles du pont que sur la tôle formant plancher ; des pavés de 21 × 8 × 10 devaient être posés sur ce plancher et fixés par une coulée de bitume, les joints étant ensuite remplis de mortier de ciment. Cette transformation était évaluée à 43 fr. 48 le mètre carré, ou 200 francs le mètre courant de chaussée, sur les prix de base de 38 francs les 100 kilogrammes pour l'acier, et de 14 fr. 15 le mètre carré pour le pavé de bois.

Mais, au moment de chercher des soumissionnaires, on fut arrêté tant par la difficulté de poser ce tablier de tôle sans interrompre la circulation, que par une hausse considérable qui se produisit sur les fers. Obligé de renvoyer l'affaire à l'Administration en raison de l'augmentation de la dépense, nous étudiâmes un nouveau projet dans lequel fut accepté l'emploi du béton, dans le but de diminuer les difficultés d'exécution.

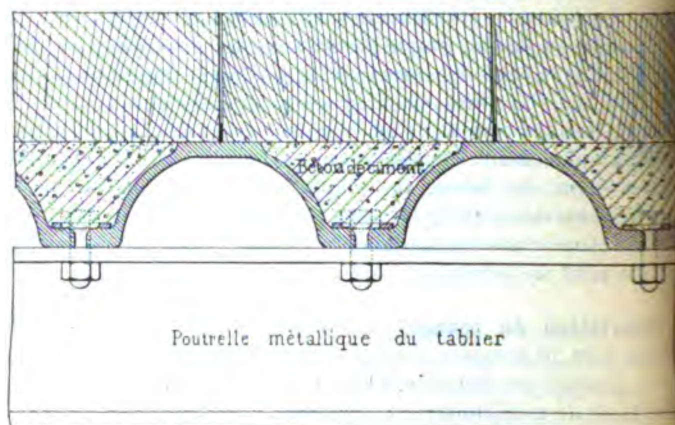
Ce nouveau projet, adopté par décision ministérielle du 19 juillet 1890, fut exécuté en 1890-1891, et son application a donné des résultats satisfaisants. Si nous avons attendu jusqu'à ce jour pour en rendre compte, c'est que nous avons voulu que le premier remplacement du pavé nous permît de constater l'état de conservation du béton. Ce remplacement vient d'avoir lieu en octobre-novembre 1897, et nous pouvons aujourd'hui faire connaître les résultats de la première application du pavage en bois sur un pont suspendu.

Description du pavage. — Des zorès en acier de 220 × 83, pesant 13kg,70 le mètre, sont posés parallèlement à l'axe du pont, aussi jointifs que possible, et boulonnés sur les poutrelles ; des feuillards de 2 millimètres d'épaisseur posés sur l'aile inférieure de ces zorès, ferment entièrement les interstices pouvant exister entre eux ; la nécessité de mettre sur la largeur du tablier un nombre entier de fers a en effet conduit à laisser entre eux un espace de 4 à 5 millimètres environ. Entre deux poutrelles du tablier espacées de 1m,225 d'axe en axe, ces zorès ont été rendus solidaires par un cours de fers U de 50/25 posés transversalement et boulonnés sur leurs ailes inférieures.

L'espace restant libre entre deux zorès consécutifs jusqu'au niveau de leur table supérieure, est rempli de béton de ciment,

composé de 3 parties de menus graviers du Rhône et de 2 parties de mortier, le mortier étant lui-même au dosage de 700 kilogrammes de ciment du Teil pour 1 mètre cube de sable.

Sur le plancher ainsi constitué, sont rangés des pavés de 0m, d'épaisseur sur 0m,08 de largeur, et d'une longueur moyenne de 0m,20. Les pavés sont posés par rangées normales à l'axe de la chaussée ; ils sont sensiblement jointifs dans chaque rangée, deux rangées sont séparées par un joint de 0m,008 environ. chaque côté de la chaussée, contre les longrines soutenant les trottoirs, deux rangées de pavés sont placées longitudinalement. Les pavés sont d'abord fixés par du bitume coulé dans les joints sur une épaisseur de 0m,01 environ; et les joints sont ensuite remplis de mortier de ciment, au même dosage que celui employé pour le béton ; la surface du pavage est enfin couverte de menu gravier et livrée à la circulation quarante-huit heures après son achèvement. Il est inutile d'insister sur ces détails communs à tous les pavages en bois.



Le dessin ci-dessus donne une coupe du pavage normale à l'axe de la chaussée.

Première exécution du pavage. — La première exécution de ce pavage fut confiée, sur soumission directe, à M. de Wyttenbach, alors concessionnaire pour la région de Lyon des pavages en bois système Kerr ; mais les travaux, autorisés par décision du 19 juillet 1890, furent entrepris seulement dans les premiers

urs de novembre et fortement contrariés par les froids rigoureux qui sévirent dès le milieu de novembre et durèrent jusque vers la fin de janvier 1891.

D'autre part, on crut pouvoir, dès l'origine, se dispenser de couvrir avec un feuillard le léger intervalle existant entre deux voisins; les trépidations causées à l'ouvrage par la circulation firent écouler par cet intervalle une partie du mortier du béton qui n'avait pas encore fait prise.

Enfin, et dans le but de réduire la surcharge résultant pour l'ouvrage de la substitution à l'ancien platelage d'un pavage en bois notablement plus lourd, on voulut essayer l'emploi du béton de mâchefer. Cet essai ne réussit pas, par suite de la mauvaise qualité du mâchefer fourni, et on dut rapidement y renoncer.

Pour ces divers motifs, la surface du pavage après son exécution ne fut pas aussi unie qu'on aurait pu l'espérer ; et cette situation fut aggravée par la formation rapide d'ornières dans la moitié aval de la chaussée où les voitures circulèrent en voie unique pendant toute la période d'exécution de la moitié amont.

Malgré ces conditions défavorables, ce pavage put être entretenu dans un état de viabilité satisfaisant au moyen de quelques réparations locales, et ne donna des signes d'usure générale que six ans après son exécution dans le courant de l'année 1896.

Réfection du pavage. — Dans la crainte que ces dégradations ne s'aggravent très rapidement, au point de rendre l'entretien à peu près impossible, nous avons immédiatement soumis à l'Administration un projet de réfection du pavage, pour l'exécution duquel un crédit fut ouvert en août 1897.

Les travaux furent immédiatement mis en adjudication, et exécutés du 18 octobre au 14 novembre 1897.

Quand on procéda à l'enlèvement de l'ancien pavé, on put constater que le béton était encore presque partout dans un bon état de conservation, malgré un séjour de près de sept ans sur le pont et les trépidations occasionnées par le trot des voitures légères, qu'on avait pu autoriser; et il ne fut nécessaire d'en remplacer qu'un cinquième environ. Les travaux purent ainsi être menés très rapidement, et le pavage neuf d'une partie de la chaussée n'eut à supporter que pendant peu de jours la circulation des voitures en voie unique.

Les causes de dégradation originelle seront ainsi moins con-

sidérables, et il est fort à présumer que la durée de ce nouveau pavage sera notablement supérieure à celle constatée pour le pavage de 1890, et qu'on n'aura plus à revenir à ce travail avant dix ans au moins.

Avantage de la transformation du pont au point de vue de la circulation. — L'ancien platelage était perpétuellement en réparation, et les ateliers organisés pour ces travaux d'entretien étaient une gêne considérable pour la circulation sur une chaussée aussi étroite, qui permet à peine le croisement de deux véhicules.

En même temps, on faisait disparaître les dangers d'incendie, le pavage en bois étant pratiquement incombustible, et le pont ne comportant d'autres bois que les planches en chêne formant la voie des trottoirs.

Mais l'avantage le plus considérable réside peut-être dans l'augmentation de rigidité qui résulte pour le tablier de la présence de vingt cours longitudinaux de fers zorès, boulonnés sur chaque poutrelle, zorès qui contreventent énergiquement ce tablier. Le résultat est tel qu'on a pu autoriser à titre d'essai le trot des voitures suspendues attelées de deux chevaux au plus: la mise en pratique de cette tolérance n'a fait ressortir aucun inconvénient, et l'examen détaillé que l'on a pu faire du pont au moment de la réfection du pavage a montré que l'essai pouvait être poursuivi. Cette faculté du passage au trot n'est pas négligeable pour un pont situé aux portes d'une ville importante, où les voitures particulières sont très nombreuses.

Avantages de la transformation du pont au point de vue financier. — La première transformation du platelage du pont a coûté 60.030 fr. 44, y compris une dépense en régie de 7.724 fr. 69 ; mais le crédit affecté annuellement à l'entretien de l'ouvrage a pu immédiatement être réduit de 6.000 francs, représentant les frais de réparation de l'ancien platelage, et l'entretien du pavage pendant les sept années de sa durée n'a pas nécessité, en fournitures ou main-d'œuvre, une dépense supérieure à 200 francs par an.

La réfection du pavage, en 1897, a coûté 15.962 fr. 98. Nous serons certainement en-deçà de la vérité en supposant que ce nouveau pavage exécuté dans de meilleures conditions que le premier durera, comme celui-ci, au moins sept ans, et ne nécessitera pas une dépense annuelle d'entretien supérieure à 200 francs en moyenne.

Dans ces conditions on peut calculer ainsi qu'il suit le coût annuel de la nouvelle chaussée, en y comprenant l'amortissement de la partie métallique en cinquante ans, durée qui sera très probablement dépassée :

Plancher en fer et béton : dépense d'établissement, 44.000 francs, amortissable en cinquante ans à 3 0/0, soit une annuité de	1.716 fr.
Pavage en bois : dépense d'établissement, 16.000 francs, amortissable en sept ans à 3 0/0, soit une annuité de	2.560 fr.
Entretien annuel évalué à	200
Total	4.476

L'entretien de l'ancien platelage entraînant une dépense annuelle de 6.000 francs, la transformation effectuée a permis de réaliser une économie annuelle d'au moins 1.524 francs ; c'est certainement là un minimum, le pavage actuellement refait devant très probablement durer au moins dix ans.

Il convient d'ajouter que les études et l'exécution du premier pavage ont été faites sous la direction de MM. Bouvier et Lefebvre, alors Ingénieurs en Chef de Vaucluse, et que les travaux ont été surveillés par M. Decohorne, Conducteur des Ponts et Chaussées.

Avignon, le 5 février 1898.

N° 14

Abaque de la nouvelle formule de M. Bazin relative aux canaux découverts

Par M. M. d'OCAGNE, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Principe théorique.

1. — Soit une équation à quatre variables de la forme

$$(1) \quad f_1(\alpha_1) f_3(\alpha_3) + \psi_3(\alpha_3) = f_2(\alpha_2) f_4(\alpha_4) + \psi_4(\alpha_4).$$

On pourra la représenter au moyen de l'alignement de deux points à une cote avec un point à deux cotes par application de la méthode donnée au chapitre VI de notre *Nomographie* (n° 45). Cette équation peut, en effet, s'écrire

$$f_1(\alpha_1) f_3(\alpha_3) - f_2(\alpha_2) f_4(\alpha_4) = \psi_4(\alpha_4) - \psi_3(\alpha_3).$$

Si donc on pose

$$(2) \qquad u = f_1(\alpha_1), \qquad v = f_2(\alpha_2),$$

ce qui définit les points à une cote (α_1) et (α_2) sur les axes des u et des v, il vient pour les points à deux cotes (α_3, α_4) l'équation

$$uf_3(\alpha_3) - vf_4(\alpha_4) = \psi_4(\alpha_4) - \psi_3(\alpha_3),$$

qui définit (en appelant 2δ la distance des origines des axes uu' et vv') le point

$$(3) \quad \begin{cases} x = \delta \dfrac{f_4(\alpha_4) + f_3(\alpha_3)}{f_4(\alpha_4) - f_3(\alpha_3)}, \\[2ex] y = \dfrac{\psi_3(\alpha_3) - \psi_4(\alpha_4)}{f_4(\alpha_4) - f_3(\alpha_3)}. \end{cases}$$

Les courbes (α_3) et (α_4) constituant le réseau des points (α_3, α_4)

déterminent par l'élimination successive de α_4 et de α_3 entre deux équations (3).

La construction de l'abaque de l'équation (1) est ainsi achevée, is on va voir que l'on peut, pour les équations de la forme (1), ourir à une autre méthode qui, en supprimant le tracé des rbes (α_3) et (α_4), rend la construction de l'abaque beaucoup s rapide en même temps que la lecture beaucoup plus ile (*).

2. — Introduisons une variable auxiliaire α' représentant la leur de chacun des membres de la formule (1), ce qui nous nne

$$(1') \qquad f_1(\alpha_1) f_3(\alpha_3) + \psi_3(\alpha_3) = \alpha',$$

$$(1'') \qquad f_2(\alpha_2) f_4(\alpha_4) + \psi_4(\alpha_4) = \alpha',$$

construisons les abaques de chacune des équations (1') et (1"). ur la première, nous n'aurons qu'à poser (en représentant par l_1 et l' des modules arbitraires dont nous disposerons en vue la plus grande netteté de l'abaque)

$$(2') \qquad u = l'\alpha', \qquad v = -l_1 f_1(\alpha_1).$$

Il en résulte qu'à la variable α_3 correspondent les points définis r l'équation

$$\frac{u}{l'} + \frac{v f_3(\alpha_3)}{l_1} = \psi_3(\alpha_3),$$

st-à-dire ceux dont les coordonnées sont

$$(3') \qquad x = \delta \frac{l' f_3(\alpha_3) - l_1}{l' f_3(\alpha_3) + l_1}, \qquad y = \frac{l_1 l' \psi_3(\alpha_3)}{l' f_3(\alpha_3) + l_1}.$$

s points sont distribués sur une courbe dont l'équation

$$(4') \qquad F_3(x, y) = 0$$

btient en éliminant α_3 entre les deux équations (3').

De même, pour représenter l'équation (1"), nous poserons

$$(2'') \qquad u = l'\alpha', \qquad v = -l_2 f_2(\alpha_2),$$

(*) Cette méthode peut être aisément généralisée, comme nous le rons voir ailleurs. Nous nous bornons ici à ce qui est strictement ile pour l'application que nous avons en vue.

ce qui donne pour les points (α_4) l'équation

$$\frac{u}{l'} + \frac{v f_4(\alpha_4)}{l_2} = \psi_4(\alpha_4),$$

ou les coordonnées

$$(3'') \qquad x = \delta \frac{l' f_4(\alpha_4) - l_2}{l' f_4(\alpha_4) + l_2}, \qquad y = \frac{l_2 l' \psi_4(\alpha_4)}{l' f_4(\alpha_4) + l_2},$$

points distribués sur la courbe dont l'équation

$$(4') \qquad F_4(x, y) = 0$$

résulte de l'élimination de α_4 entre les deux équations (3").

Construisons les systèmes de points (α_1), (α_2), (α_3) et (α_4). Les deux premiers sont distribués sur l'axe des v (*fig.* 1). Pour é

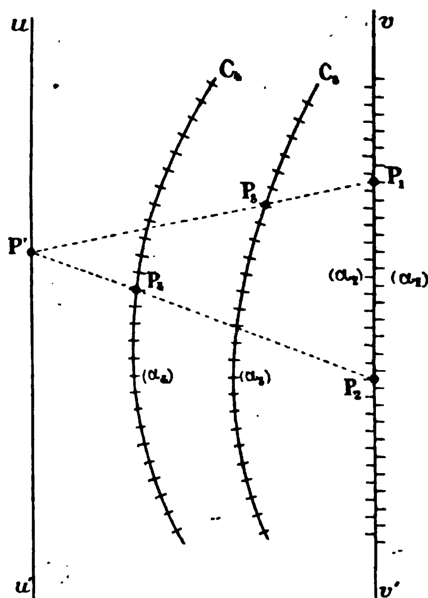


FIG. 1.

toute confusion, on marquera les graduations correspondantes de part et d'autre de cet axe.

Les systèmes (α_3) et (α_4) constitueront des graduations portées sur les courbes C_3 et C_4 dont les équations sont (4') et (4").

Quant au système (α'), porté sur l'axe des u, il serait le même pour les deux abaques; mais la valeur de la variable auxiliaire α' n'ayant pas besoin d'être connue, *il est inutile de porter sur l'axe uu la graduation correspondante.*

Joignant par une droite le point P_1 de la graduation (α_1), dont la cote est la valeur donnée pour α_1, au point P_3 de la graduation (α_3), dont la cote est la valeur donnée pour α_3, on obtient sur l'axe uu' le point P', dont la cote non marquée serait la valeur correspondante de α'. Dès lors, en joignant ce point P' au point P_2 de la graduation (α_2), dont la cote est la valeur donnée pour α_2, on obtient sur la courbe C_4 le point P_4 dont la cote est la valeur cherchée pour α_4.

En résumé, le mode d'emploi de l'abaque est le suivant :

Joindre par une droite le point (α_1) *au point* (α_3), *et faire pivoter cette droite autour du point* P' *où elle rencontre l'axe uu' jusqu'à ce qu'elle passe par le point* (α_2); *elle coupe alors la courbe* C_4 *au point* (α_4).

Le point P' peut être dit le *pivot;* l'axe uu', *l'axe des pivots;* l'abaque lui-même, un *abaque à pivotement.*

En pratique, la droite pivotante pourra être soit un fil fin qu'on fixera sur le point P' avec l'ongle, soit un trait marqué sur un transparent qu'on fixera sur le point P' avec une pointe d'aiguille.

Nous avons déjà fait construire un certain nombre d'abaques d'après cette méthode qui, comme on va le voir, s'applique particulièrement bien à la formule nouvelle de M. Bazin.

Application à la formule de M. Bazin.

3. — Cette formule est la suivante (*) :

$$U = \frac{87\sqrt{RI}}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}},$$

où U désigne la vitesse moyenne en mètres, R le rayon moyen en mètres, I la pente, γ un coefficient numérique qui dépend de la nature de la paroi.

(*) *Annales des Ponts et Chaussées* (1897, 4e trimestre, p. 55).

Elle peut s'écrire

$$\frac{\Upsilon}{R} + \frac{1}{\sqrt{R}} = \frac{87\sqrt{I}}{U}.$$

Sous cette forme, on voit qu'elle rentre dans le type (1), lorsq
pose :

$$\alpha_1 = \Upsilon, \qquad \alpha_2 = I, \qquad \alpha_3 = R, \qquad \alpha_4 = U,$$

et

$$f_1(\alpha_1) = \Upsilon, \qquad f_3(\alpha_3) = \frac{1}{R}, \qquad \psi_3(\alpha_3) = \frac{1}{\sqrt{R}},$$

$$f_2(\alpha_2) = 87\sqrt{I}, \qquad f_4(\alpha_4) = \frac{1}{U}, \qquad \psi_4(\alpha_4) = 0.$$

Il en résulte que les graduations (Υ), (I), (R) et (U) seront d
nies, en vertu des équations (2′), (2″), (3′) et (3″) par les form

$$(\Upsilon) \qquad v = -l_1\Upsilon,$$

$$(I) \qquad v = -l_2 87\sqrt{I},$$

$$(R) \qquad x = \delta\frac{l' - l_1 R}{l' + l_1 R}, \qquad y = \frac{l_1 l' \sqrt{R}}{l' + l_1 R},$$

$$(U) \qquad x = \delta\frac{l' - l_2 U}{l' + l_2 U}, \qquad y = 0.$$

Le support du système (R) [éq. (4′)] est :

$$(r) \qquad \frac{4\delta^2}{l_1 l'} y^2 + x^2 = \delta^2,$$

ellipse tangente aux axes uu' et vv' en leurs origines A et B. C
du système (U) est $y = 0$, c'est-à-dire la droite AB joignant
origines.

L'abaque ainsi obtenu a l'aspect représenté par la *fig.* 2.

4. — Il convient de remarquer qu'une fois la graduation
portée sur l'axe AB il est très facile d'en déduire la gradua
elliptique (R). En effet l'ellipse (r) peut aisément se construir
partant du cercle ACB décrit sur AB comme diamètre. Il s
pour cela de réduire toutes les ordonnées de ce cercle dans
rapport constant $\frac{\sqrt{l_1 l'}}{2\delta}$. Une fois cette ellipse construite, on pe
marquer les points (R) en s'appuyant sur cette remarque, à sa
qu'en vertu des expressions de x données pour (R) et pour (U),

…int (R) et un point (U) se trouvent sur une même parallèle

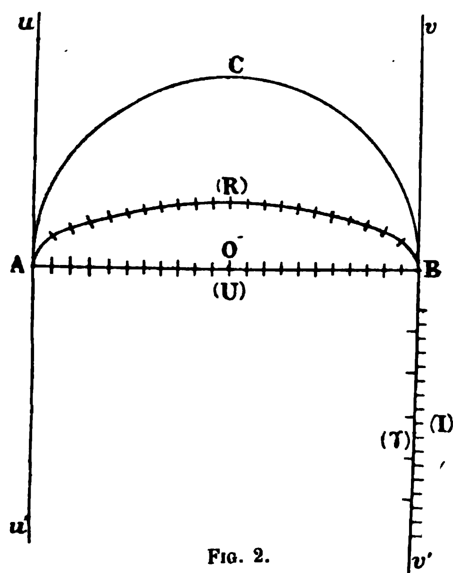


Fig. 2.

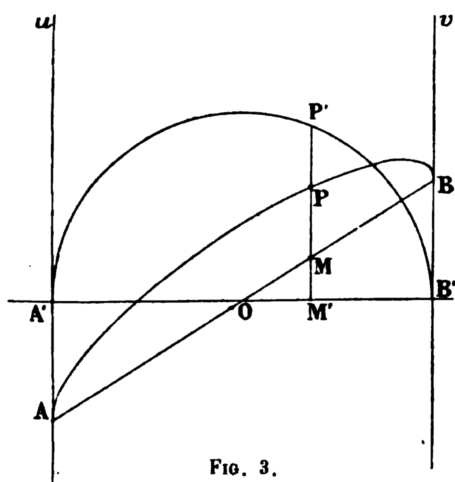


Fig. 3.

aux axes Au et Bv, lorsqu'on a entre leurs cotes la relation

$$l_1 R = l_2 U.$$

Si on voulait qu'ils eussent même cote, on n'aurait qu'à prendre $l_1 = l_2$. Mais les autres convenances du dessin peuvent conduire à abandonner cette condition.

Remarquons aussi que rien n'oblige à prendre l'axe AB des origines perpendiculaire aux axes Au et Bv. Dans ce cas (*fig.* 3), ayant décrit, du milieu O de AB pour centre, le cercle A'P'B' tangent aux axes, on obtient l'ellipse (r) en portant sur chaque parallèle aux axes l'ordonnée MP telle que

$$\frac{MP}{M'P'} = \frac{\sqrt{l_1 l'}}{2\delta}.$$

En outre, les cotes R et U des points P et M sont encore liées par la relation

$$l_1 R = l_2 U.$$

5. — L'abaque n° 1 (p. 312) a été construit ainsi qu'il vient d'être expliqué, avec (*)

$$\delta = 5 \text{ centim.}, \quad l_1 = 4 \text{ centim.}, \quad l_2 = 1 \text{ centim.}, \quad l' = 1 \text{ centim.}$$

La construction des diverses échelles se réduit alors à ceci :

Échelle (γ). — Porter sur un côté de l'axe Bv' la graduation

$$v' = \gamma . 4 \text{ centimètres.}$$

Échelle (I). — Porter sur l'autre côté de l'axe Bv' la graduation

$$v' = 87.\sqrt{I} \text{ centimètres.}$$

Échelle (U). — Porter sur l'axe AB, à partir de son origine O, en prenant le sens OB comme positif, la graduation

$$x = \frac{1 - U}{1 + U} \cdot 5 \text{ centimètres.}$$

On peut remarquer que, si M est le point de cote U on a, d'après

(*) En réalité, dans la reproduction photographique de cet abaque, ses dimensions ont été un peu réduites en raison des exigences du format. Les chiffres ici donnés devraient donc être multipliés par un même rapport de réduction. Il suffirait, pour avoir une plus grande approximation, d'adopter de plus grandes valeurs des modules. On pourrait, sans inconvénient, les doubler et même les tripler.

cette égalité,

$$\frac{5^{cm} - x}{5^{cm} + x} = U$$

ou

$$\frac{MB}{AM} = U,$$

égalité d'où résulte un moyen de construction facile des points M, c'est-à-dire de la graduation (U).

Échelle (R). — Ici on a

$$\frac{\sqrt{l_1 l'}}{2\delta} = \frac{1}{5}.$$

Donc, ayant tracé la demi-circonférence supérieure de diamètre AB, il suffit de réduire ses ordonnées au $\frac{1}{5}$ pour obtenir l'ellipse portant la graduation (R). En outre, comme on a

$$l_1 = 4l_2,$$

le point coté R sera sur la parallèle aux axes Au et Bv menée par le point dont la cote U est égale à 4R.

Limitations. — D'après le Mémoire de M. Bazin, les seules valeurs de γ à envisager sont

0,06, 0,16, 0,46, 0,85, 1,30, 1,75.

En outre, l'examen des tableaux d'expériences joints à ce Mémoire montre qu'il suffit de faire varier

I de 0,0001 à 0,01,
U de $0^m,1$ à 5 mètres,
R de $0^m,2$ à 5 mètres.

Enfin, pour connaître la portion utile de l'axe Au des pivots, il suffit, puisqu'ici $l' = 1$ centimètre, de chercher la plus grande valeur de

$$\alpha' = \frac{\gamma}{R} + \frac{1}{\sqrt{R}},$$

qui s'obtient en associant la plus grande valeur de γ ($\gamma = 1,75$) avec la plus petite de R (R = 0,2). On trouve ainsi

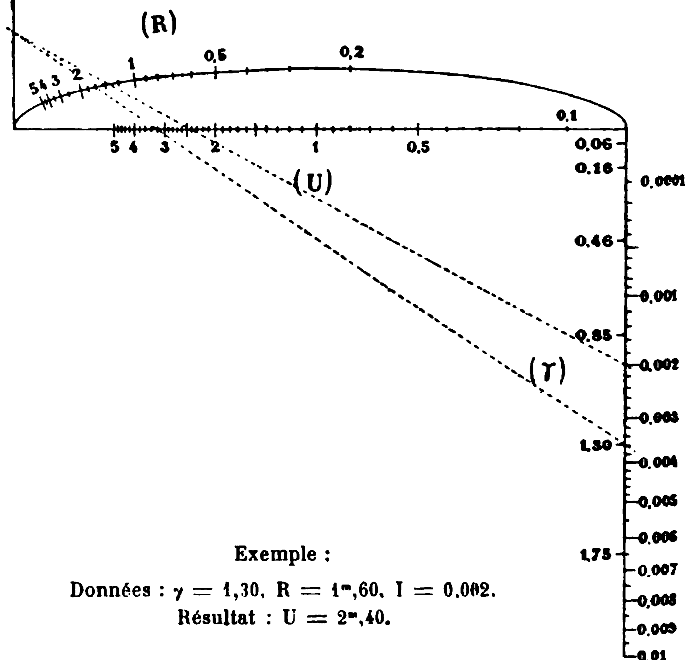
$$\alpha' = 10^{cm},98.$$

FORMULE DE M. BAZIN.

Abaque N° 1.

NOMENCLATURE DES γ.

$\gamma = 0,06$. — Parois très unies (ciment, bois raboté, etc.).
$\gamma = 0,16$. — Parois unies (planches, briques, pierre de taille,
$\gamma = 0,46$. — Parois en maçonnerie de moellons.
$\gamma = 0,85$. — Parois de nature mixte (sections en terre très
lières, rigoles revêtues de perrés, etc.).
$\gamma = 1,30$. — Canaux en terre dans des conditions ordinaires.
$\gamma = 1,75$. — Canaux en terre présentant une résistance exce-
tionnelle (fonds de galets, parois herbées, etc.



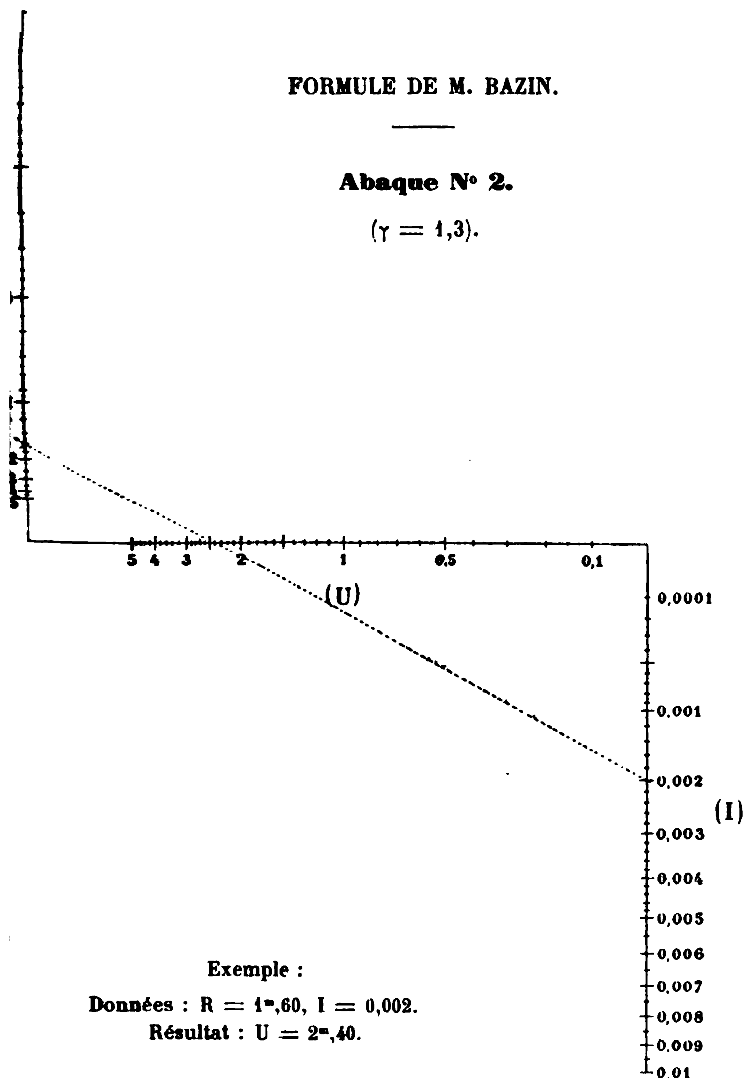
Exemple :

Données : $\gamma = 1,30$, $R = 1^m,60$, $I = 0,002$.
Résultat : $U = 2^m,40$.

FORMULE DE M. BAZIN.

Abaque N° 2.

($\gamma = 1,3$).



Exemple :

Données : R = 1^m,60, I = 0,002.
Résultat : U = 2^m,40.

On devra donc tracer l'axe Au des pivots sur une longueur de 11 centimètres.

Mode d'emploi. — Ayant fait passer une droite (fil fin ou trait sur un transparent) *par les points de l'échelle* (γ) *et de l'échelle* (R) *qui*

ont pour cotes les valeurs données de γ et de R, *on fait pivoter ce droite autour du point où elle rencontre l'axe* Au *jusqu'à ce qu'e passe par le point de l'échelle* (I) *ayant pour cote la valeur don de* I. *Elle rencontre alors l'échelle* (U) *en un point dont la cote est valeur de* U *cherchée.*

On a marqué en pointillé sur la figure les deux positions la droite pivotante correspondant aux données $\gamma = 1,3$, $R = 1^m$ $I = 0,002$. Elles donnent $U = 2^m,4$.

6. — L'abaque étant ainsi construit, il est très facile d' déduire un abaque particulier correspondant à une valeur fi choisie pour γ.

Il suffit, en effet, ayant joint par des droites le point coté moyen de cette valeur de γ aux divers points de l'échelle (d'inscrire les valeurs correspondantes de R à côté des points les droites ainsi menées coupent l'axe Au.

On obtient aussi, *pour cette valeur de* γ, un abaque constit par trois échelles rectilignes (I), (R) et (U), dont le mode d'empl se réduit à ceci :

Tirer une droite entre les points de l'échelle (γ) *et de l'échelle* (*qui ont pour cotes les valeurs données de* γ *et de* R. *Cette dro coupe l'échelle* (U) *en un point dont la cote est la valeur de* U *cherch*

C'est ainsi qu'a été construit l'abaque n° 2 (p. 313) pour $\gamma = 1,3$ valeur qui convient aux canaux en terre dans des conditio ordinaires.

7. — Il serait tout aussi simple de construire un abaqu donnant $\frac{\sqrt{RI}}{U}$ en fonction de γ et de R. Si, en effet, on po $\frac{\sqrt{RI}}{U} = \theta$, la formule de M. Bazin s'écrit

$$87\sqrt{R}\,\theta - \gamma - \sqrt{R} = 0.$$

Elle est alors représentée par l'alignement des trois points

$$u = l_1\theta \qquad (\text{ou } x = -\delta,\ \ y = l_1\theta),$$
$$v = -l_2\gamma \qquad (\text{ou } x = \delta,\ \ y = -l_2\gamma),$$
$$87\sqrt{R}l_2u + l_1v - l_1l_2\sqrt{R} = 0 \quad \left(\text{ou } x = \delta\,\frac{l_1 - 87\sqrt{R}l_2}{l_1 + 87\sqrt{R}l_2},\ y = \frac{l_1l_2\sqrt{R}}{l_1 + 87\sqrt{R}l_2}\right)$$

Les deux premiers donnent des échelles distribuées sur le axes uu' et vv' ; le troisième, une échelle distribuée sur la droite

$$174\delta y + l_1x - l_1\delta = 0$$

qui passe par l'origine B ($x = \delta$, $y = 0$) de l'axe vv'.

Paris, 10 mars 1898.

N° 15

ÉTAT DES PLANTATIONS SUR LES ROUTES NATIONALES AU 1er JUIN 1897.

DÉPARTEMENTS	LONGUEURS			NOMBRE		COEFFICIENT de consistance(*)
	totales	non susceptibles d'être plantées	susceptibles d'être plantées	d'emplacements	d'arbres	
	mètres	mètres	mètres			
Ain	451.810	134.112	317.698	58.879	38.801	0.65
Aisne	613.372	114.792	498.580	82.928	76.705	0.92
Allier	500.185	91.611	408.574	85.908	68.399	0.80
Alpes (Basses-)	576.168	293.654	282.514	43.481	23.031	0.53
Alpes (Hautes-)	386.677	208.586	178.091	26.551	12.339	0.46
Alpes-Maritimes	426.338	313.340	112.992	17.813	10.358	0.58
Ardèche	495.921	261.235	234.686	38.626	14.931	0.39
Ardennes	386.922	68.675	318.247	59.712	53.633	0.90
Ariège	272.182	143.683	128.499	20.678	6.134	0.30
Aube	378.837	35.984	342.853	69.383	69.383	1.»
Aude	367.059	93.424	273.635	45.590	36.322	0.80
Aveyron	592.447	289.201	303.246	55.431	10.948	0.19
Belfort (Territoire)	43.484	9.693	33.791	6.193	6.000	0.97
Bouches-du-Rhône	283.636	63.682	219.954	44.952	21.873	0.49
Calvados	439.756	248.786	190.970	33.116	15.159	0.46
Cantal	383.406	152.949	230.457	32.531	17.818	0.55
Charente	349.658	186.642	163.016	30.700	26.405	0.86
Charente-Inférieure	437.463	61.886	375.577	72.860	58.643	0.80
Cher	492.478	146.886	345.862	69.529	30.539	0.44
Corrèze	372.230	54.371	317.859	53.495	22.184	0.41
Corse	1.132.458	615.570	516.888	70.727	25.138	0.36
Côte-d'Or	714.937	130.784	584.153	90.359	81.349	0.90
Côtes-du-Nord	480.553	317.713	162.840	32.518	2.597	0.08

(*) Le coefficient de consistance est le rapport existant entre le nombre d'emplacements et le nombre d'arbres.

Les principales essences sont : l'orme, le peuplier, l'acacia, le platane, le frêne, le sycomore, le tilleul. Plusieurs départements renferment aussi, mais en plus petit nombre, les essences suivantes : noyers, châtaigniers, pommiers, cerisiers, mûriers, poiriers, cormiers, alisiers, aliziers, etc.

DÉPARTEMENTS	LONGUEURS totales	LONGUEURS non susceptibles d'être plantées	LONGUEURS susceptibles d'être plantées	NOMBRE d'emplacements	NOMBRE d'arbres
	mètres	mètres	mètres		
Creuse	337.829	78.729	259.100	51.940	11.381
Dordogne	368.201	50.498	317.703	60.068	52.113
Doubs	308.628	91.005	217.623	29.979	22.730
Drôme	308.391	87.849	220.542	59.131	39.496
Eure	468.403	55.759	412.644	87.492	53.920
Eure-et-Loir	377.199	59.070	318.129	62.237	23.909
Finistère	418.803	31.946	386.857	92.915	1.497
Gard	536.002	273.228	262.774	44.619	22.217
Garonne (Haute-)	334.459	53.638	280.821	57.927	23.896
Gers	419.482	50.582	368.900	76.363	60.027
Gironde	390.958	75.038	315.920	62.201	46.289
Hérault	358.160	103.036	255.124	34.377	27.160
Ille-et-Vilaine	725.221	543.230	181.991	33.441	7.221
Indre	404.226	26.257	377.969	97.832	24.345
Indre-et-Loire	317.361	184.792	132.569	26.508	12.693
Isère	538.874	168.198	370.676	47.578	11.451
Jura	357.172	119.602	237.570	43.735	28.774
Landes	456.977	24.709	432.268	87.900	77.325
Loir-et-Cher	305.630	74.159	231.471	47.416	35.461
Loire	339.940	119.449	220.491	37.722	27.299
Loire-(Haute-)	356.923	148.684	208.239	30.086	15.850
Loire-Inférieure	573.493	282.203	291.290	14.827	10.006
Loiret	436.163	112.544	323.619	72.925	40.777
Lot	277.810	204.831	72.979	13.036	10.408
Lot-et-Garonne	366.244	49.717	316.527	59.640	38.515
Lozère	475.106	229.230	245.876	29.940	23.030
Maine-et-Loire	563.660	340.648	223.012	45.792	18.785
Manche	377.748	344.537	33.211	3.518	3.047
Marne	590.270	67.351	522.919	77.768	76.997
Marne (Haute-)	411.478	42.670	368.808	72.599	71.339
Mayenne	484.789	273.937	210.852	38.745	12.669
Meurthe-et-Moselle	450.001	74.326	375.675	68.750	63.337
Meuse (*)	509.453	66.559	442.894	42.175	44.637
Morbihan	581.833	132.850	448.983	90.835	9.527
Nièvre	474.548	144.753	329.795	62.253	45.673
Nord	589.449	164.795	424.654	68.195	57.614
Oise	601.804	194.434	407.370	81.856	50.300

(*) Meuse. Un certain nombre d'arbres fruitiers ont été plantés entre des arbres forestiers [illegible] à être abbatus, ce qui explique l'excédent actuel du nombre des arbres sur celui des emplace[illegible]

DÉPARTEMENTS	LONGUEURS			NOMBRE		COEFFICIENT de consistance
	totales	non susceptibles d'être plantées	susceptibles d'être plantées	d'emplacements	d'arbres	
	mètres	mètres	mètres			
Orne	459.182	160.352	298.830	60.842	19.196	0.32
Pas-de-Calais	683.736	145.250	538.486	87.051	79.260	0.91
Puy-de-Dôme	473.348	143.176	330.172	61.173	20.661	0.34
Pyrénées (Basses-)	435.038	199.510	235.528	47.647	28.574	0.60
Pyrénées (Hautes-)	308.095	157.412	150.683	28.591	17.708	0.62
Pyrénées-Orientales	330.668	157.615	173.053	35.051	30.341	0.87
Rhône	227.535	123.778	103.757	19.658	17.080	0.87
Saône (Haute-)	337.182	79.312	257.870	31.241	29.511	0.94
Saône-et-Loire	589.796	265.062	324.734	36.714	10.931	0.30
Sarthe	404.345	79.170	325.175	66.587	33.116	0.50
Savoie	337.299	196.433	140.866	19.130	16.195	0.85
Savoie (Haute-)	312.317	224.244	88.073	13.943	6.695	0.48
Seine	116.780	17.673	99.107	29.173	26.953	0.92
Seine-Inférieure	587.883	176.844	411.039	74.951	56.365	0.75
Seine-et-Marne	517.313	97.213	420.100	112.698	103.257	0.92
Seine-et-Oise	735.805	208.831	526.974	121.725	101.970	0.84
Sèvres (Deux-)	465.686	257.351	208.335	38.910	27.871	0.72
Somme	627.506	146.900	480.606	114.599	94.233	0.82
Tarn	334.748	31.376	303.372	57.766	30.646	0.53
Tarn-et-Garonne	252.625	31.022	221.603	42.776	30.273	0.71
Var	290.653	106.135	184.518	27.719	18.064	0.65
Vaucluse	157.681	64.715	92.966	19.939	12.555	0.63
Vendée	539.435	260.637	278.798	30.429	23.137	0.76
Vienne	384.482	44.896	339.586	66.405	52.618	0.79
Vienne (Haute-)	376.981	92.705	284.276	54.641	30.603	0.56
Vosges	414.089	98.398	315.691	56.561	52.504	0.93
Yonne	529.102	143.507	385.595	74.979	37.408	0.50
Totaux	38.000.245	12.891.625	25.108.620	4.584.180	2.935.178	0.64

BIBLIOGRAPHIE.

N° 16

Grandes chutes des canaux de navigation in-rieure. — Ascenseurs, plans inclinés et écluses. Chute de 41 mètres de la descente en Saône canal de la Marne à la Saône (*)

Par M. Gustave CADART, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Compte rendu par M. B. DE MAS, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Le tracé du canal en construction de la Marne à la Saône pré-sente, sur le versant de la Saône, entre le bief de partage et traversée du chemin de fer de Chalindrey à Dijon, près de Vil-gusien, sur une longueur de 4 kilomètres environ, une chute de 41 mètres. Cette chute peut être facilement fractionnée en petites chutes partielles en adoptant un tracé avec écluses dans le thalweg de la vallée, ou en deux grandes chutes de 20m,50 en suivant le flanc du coteau de rive gauche. Elle peut l'être aussi, mais dans des conditions moins avantageuses, en quatre chutes de 10m,25, en suivant le coteau de rive droite.

Par décision ministérielle du 20 mai 1881, un concours a été ouvert pour l'établissement d'appareils mécaniques destinés à racheter la dénivellation de 41 mètres en question, en la frac-tionnant au plus en quatre chutes partielles. Treize projets ont été présentés par divers constructeurs français et étrangers.

Cependant, à la suite d'une étude comparative, faite par les ingénieurs du canal, des projets en question et de deux projets de tracés comportant des écluses à chutes plus ou moins fortes,

(*) *Nouvelles Annales de la Construction*, numéros de mai à oc-tobre 1898 ; Baudry, éditeur, 15, rue des Saints-Pères, Paris.

l'Administration a été amenée à reconnaître (décision ministérielle du 18 mai 1893) qu'il y avait lieu de renoncer à l'établissement d'appareils mécaniques (ascenseurs ou plans inclinés) et qu'il était préférable, dans la circonstance, de recourir à l'emploi des écluses.

Restait à statuer sur l'attribution, aux auteurs des meilleurs projets, des primes prévues par la décision ministérielle qui avait institué le concours. Une Commission locale, nommée par arrêté ministériel du 31 août 1893, fut chargée de présenter des propositions à cet effet. Elle prit pour base de son travail les rapports, en date des 20 mars et 1er octobre 1892, dans lesquels M. Cadart, en qualité d'ingénieur ordinaire, et M. Lestelle, comme ingénieur en chef du canal de la Marne à la Saône, avaient étudié les projets présentés. L'attribution de deux primes, l'une de 20.000, l'autre de 10.000 francs, a été faite par décision ministérielle du 4 juin 1894, conformément aux conclusions de la Commission locale (*).

A la suite de ces conclusions, cette Commission avait fait observer que les rapports de MM. Lestelle et Cadart contenaient tout ce qui peut constituer l'étude la plus approfondie et la critique la plus scientifique d'un grand nombre de dispositions mécaniques ingénieuses, intéressantes et dignes de nombreuses applications. Elle avait émis l'avis qu'une publication qui mettrait en lumière tout ce que contiennent, à ce sujet, d'instructif les rapports des deux ingénieurs, rendrait un grand service non seulement à leurs collègues, mais à tous ceux qui participent ou s'intéressent au progrès des arts mécaniques.

L'administration a cru devoir inviter M. Cadart, devenu ingénieur en chef du canal de la Marne à la Saône, à préparer un résumé des rapports dont il s'agit. Ultérieurement, elle a décidé que les treize projets présentés au concours, ainsi que les rapports *in extenso* des ingénieurs et celui de la Commission locale, seraient

---

(*) Cette Commission comprenait :

MM. Flamant, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, président;
Fleury, Membre de la Société des Ingénieurs civils, rapporteur;
Molinos, Président du Conseil d'Administration de la Société anonyme du touage de la Basse-Seine et de l'Oise;
Lestelle, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées;
Lodin, Ingénieur en chef des Mines;
Cadart, Ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées, faisant fonctions d'Ingénieur en chef;
Galliot, Ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées

déposés à la bibliothèque de l'École nationale des Pont[s]
Chaussées.

Le résumé, préparé par M. l'ingénieur en chef Cadart, va
publié dans les *Nouvelles Annales de la Construction*. L'ana[lyse]
sommaire que nous en donnons ci-après fera ressortir le
intérêt de cette publication ainsi que l'importance, au poin[t de]
vue de l'art de l'ingénieur, des documents déposés à la bib[lio]thèque de l'École des Ponts et Chaussées, comme il a été
ci-dessus.

M. Cadart rappelle d'abord, en les précisant, les termes
problème. Étant donnés deux biefs de canal consécutifs prés[en]tant une chute de 10m,25, de 20m,50 ou même de 41 mètres,
s'agit de faire passer du niveau du bief supérieur au niveau
bief inférieur, et réciproquement, un sas mobile plein d'eau d[ans]
lequel le bateau (*) flotte.

Le sas peut se mouvoir verticalement ou être traîné sur
rampe ; dans le premier cas, l'ouvrage prend le nom d'asc[en]seur, dans le second, celui de plan incliné.

En matière d'ascenseurs, le sas peut jouer le rôle d'un
plateaux d'une balance dont le second est formé soit par
autre sas, soit par un contrepoids faisant équilibre au prem[ier]
plateau.

Si les deux masses qui se font équilibre sont suspendues
des chaînes passant sur des poulies de renvoi supérieures, l'
censeur est dit funiculaire. C'est dans ce système qu'a été éta[bli],
dès 1838, l'ascenseur du Great Western Canal, en Angleterre.

Si la balance est hydraulique, c'est-à-dire si elle est form[ée]
par des presses hydrauliques égales communiquant entre elles
dont les pistons portent les sas, l'ascenseur est dit hydrauliqu[e];
le prototype de ce genre est l'ascenseur d'Anderton, près
Liverpool, qui fonctionne depuis 1875.

On peut encore supposer que le sas est fixé sur un ou plusie[urs]
flotteurs complètement immergés dans l'eau dont le déplacem[ent]
soit égal au poids total de l'ensemble du sas et des flotteurs
on a alors un ascenseur flottant ; un spécimen de ce systè[me]
a été entrepris en 1894 à Heinrichenbourg, sur le canal du Rh[in]
à l'Ems, en Allemagne.

Dans les plans inclinés on équilibre aussi le sas en l'acco[...]

(*) Bateau mesurant, conformément aux dispositions de la loi du
5 août 1879, 38m,50 de longueur, 5 mètres de largeur, 1m,80 d'enfonce-
ment, et susceptible d'un chargement utile de 300 tonnes environ.

plant, au moyen de chaînes ou de câbles d'attelage, soit avec un autre sas, soit avec un ou plusieurs contrepoids dont le mouvement est inverse du sien. C'est ainsi qu'ont été établis le plan incliné de Blackhill en Ecosse, en 1850, et celui de Georgetown, aux États-Unis, en 1876.

Entre les quatre catégories d'ouvrages définis ci-dessus et rangés par M. Cadart dans un ordre un peu différent, les treize projets présentés se répartissent comme il suit :

Ascenseurs hydrauliques	7
— flottants	1
— funiculaires	2
Plans inclinés	3
Total égal	13

Les projets d'ascenseurs hydrauliques ont été présentés : deux (nos 1 et 2), par M. Barret et l'usine du Creusot ; deux (nos 3 et 4), par l'usine de Fives-Lille ; trois (nos 5, 6 et 7), par MM. Clark, Standfield et Clark et l'usine Cail.

Les projets nos 1 et 3 comportent l'un et l'autre deux ascenseurs indépendants, de 20m,50 de chute ; chaque ascenseur présente deux sas portés chacun par un plongeur unique placé sous son centre.

Les projets nos 2 et 4 comportent, l'un et l'autre, deux ascenseurs de 20m,50 de chute, conjugués. Chaque ascenseur n'a qu'un seul sas porté par un plongeur unique placé sous son centre. Le sas de l'ascenseur supérieur est équilibré par le sas de l'ascenseur inférieur, les deux presses étant reliées par une conduite sous pression dont la longueur n'est pas moindre de 1.718m,24.

Le projet n° 5 comporte quatre ascenseurs de 10m,25 de chute, conjugués comme il est dit ci-dessus, le premier avec le deuxième, le troisième avec le quatrième. Chaque ascenseur n'a qu'un seul sas porté par un plongeur unique placé sous son centre.

Le projet n° 6 comporte deux ascenseurs de 20m,50 de chute, conjugués dans les mêmes conditions que précédemment. Chaque ascenseur présente un seul sas suspendu à un chevêtre porté par deux plongeurs latéraux dont les presses sont en communication.

Le projet n° 7 ne diffère du n° 6 que parce que les deux ascenseurs sont indépendants. Le sas unique que comporte chacun d'eux est équilibré par des accumulateurs.

Le seul projet d'ascenseur flottant, n° 8, a été présenté
M. Seyrig; il comporte deux ascenseurs indépendants de 20
de chute, à un seul sas. Le sas est porté par quatre flott
immergés dans un nombre égal de puits. Le poids du systè
mobile est, dans tous les cas, supérieur au déplacement
flotteurs; le mouvement est produit par une presse hydrauli
placée sous le centre du sas.

Les deux projets d'ascenseurs funiculaires ont été présent
l'un (n° 9), par M. Barret et l'usine du Creusot; l'autre (n° 1
par M. Leslie. L'un et l'autre comportent deux ascenseurs
20m,50 de chute; mais, dans le projet n° 9, chaque ascens
présente deux sas qui se font équilibre, tandis que, dans le p
jet n° 10, chaque ascenseur n'a qu'un seul sas équilibré par
contrepoids.

Enfin les projets de plans inclinés ont été présent
un (n° 11), par M. Barret et l'usine du Creusot; deux (nos 12 et
par MM. Thomasset, Vollot et Cie.

Le projet n° 11 comporte deux plans inclinés à 1/12, de 20m,
de hauteur; chaque plan présente deux sas roulants qui se f
équilibre.

Le projet n° 12 comporte un seul plan incliné à 1/10,
41 mètres de hauteur, avec deux sas qui se font équilibre. C
sas sont supportés non plus par des roues, mais par des pat
glissants dont l'invention est due à l'hydraulicien Girard.

Le projet n° 13 comporte un seul plan incliné à 1/67 (0m,0
par mètre), avec un sas unique. Ce sas, supporté par des pati
glissants, comme ceux du projet n° 12, est tractionné par d
locomotives.

Il convient de dire de suite que les projets nos 12 et 13 o
été éliminés *a priori* comme présentant des vices absolume
rédhibitoires.

L'énumération qui précède est un peu longue; mais elle se
pouvait faire concevoir une juste idée de l'importance du co
cours, ainsi que de la nature et de la variété des solutio
proposées.

Dans le chapitre I de sa notice, M. Cadart donne, des trei
projets présentés, au moins dans ce qu'ils ont, chacun, d
saillant et de caractéristique, une description que des dessin
nombreux et très soignés rendent fort claire et facile à suivre
Les données principales des divers projets et leur évaluatio
comparative sont d'ailleurs résumées dans deux tableaux.

La partie la plus remarquable du travail de M. Cadart est

assurément, le chapitre II où, sous le titre : *Quelques considérations générales relatives aux ascenseurs et aux plans inclinés*, il traite avec infiniment de soin et une grande autorité les questions les plus délicates que soulève l'établissement de ces ouvrages.

En ce qui concerne les ascenseurs hydrauliques, M. Cadart étudie d'abord l'action des forces perturbatrices de l'équilibre, et l'analyse qu'il en fait fournit une explication topique de l'accident survenu en 1882 à l'ascenseur d'Anderton. Il montre ensuite les inconvénients que présenterait l'emploi de presses multiples et donne un résumé des notions acquises en ce qui concerne la construction et la sécurité des presses ; puis, après avoir fait ressortir les dangers qui peuvent résulter des mouvements des sas jonctionnés avec les biefs, et discuté les objections faites à l'accouplement des presses à grandes distances, il termine en traçant le programme à adopter pour la construction d'ascenseurs hydrauliques.

Passant ensuite aux ascenseurs funiculaires, M. Cadart insiste d'abord sur ce point qu'ils doivent nécessairement comporter des appareils compensateurs, à raison du passage progressif des chaînes de suspension du côté du sas descendant, pendant le mouvement. Il estime qu'on peut accorder une entière confiance aux chaînes Galle du type Neustadt, pour la suspension funiculaire ; mais il ne cache pas les difficultés que l'on rencontre, lorsqu'on veut réaliser simultanément l'égale tension des chaînes et le maintien de l'horizontalité du sas. M. Cadart trace ensuite le programme à adopter pour la construction d'ascenseurs funiculaires et s'attache à faire ressortir les sérieux avantages que ces ouvrages présenteraient par rapport aux ascenseurs hydrauliques, une fois réalisées les différentes améliorations énumérées au programme.

M. Cadart arrive enfin aux plans inclinés et constate tout d'abord : qu'ils consomment infiniment plus d'eau ou de force motrice que les ascenseurs ; qu'ils exigent l'emploi d'appareils compensateurs à raison du passage progressif des chaînes de traction du côté du sas descendant, pendant le mouvement ; que les chaînes Galle du type Neustadt peuvent seules être employées avec sécurité pour la traction funiculaire et qu'il en résulte, à raison de leur énorme développement, une dépense très considérable. Mais les deux difficultés capitales et non encore pratiquement résolues auxquelles se heurte la construction de plans inclinés transportant les bateaux à flot, sont toujours la presque impossibilité d'assurer une égale répartition du poids du sas

entre un très grand nombre d'appuis et celle d'éviter les mo ments désordonnés de l'eau contenue dans ce sas, lors variations de la vitesse de translation. Comme d'ailleurs, da cas particulier du canal de la Marne à la Saône, il n'est possible de racheter la chute totale de 41 mètres par un unique, la dépense de premier établissement prend une im tance excessive qui suffirait à faire écarter, *a priori*, l'e des plans inclinés.

Le développement donné à ces considérations générales pe à M. Cadart de justifier brièvement, dans le chapitre III, les clusions de la Commission locale, qui a classé en première l'ascenseur funiculaire de M. Leslie (prime de 20.000 franc en deuxième ligne (prime de 10.000 francs) les ascens hydrauliques de l'usine de Fives-Lille.

Terminant enfin par la comparaison entre le tracé avec d ascenseurs funiculaires de 20m,50 de chute et le tracé avec écluses de 5m,125, il n'a pas de peine à faire ressortir tous avantages de cette dernière solution. Il suffira de dire qu coût du premier tracé dépasserait de 55 0/0 celui du sec (4.134.000 francs, au lieu de 2.666.000).

Et c'est ainsi que l'examen critique des treize projets d'asc seurs et de plans inclinés produits au concours, examen avec autant de conscience que de compétence, a eu surtout p résultat de mettre en relief les mérites et la valeur pratiqu l'écluse, cette invention véritablement géniale. Il semble que l'emploi des moyens mécaniques pour l'élévation bateaux ne soit justifié que dans des circonstances tout à exceptionnelles.

Paris, le 21 mars 1898.

N° 17

Manuel de droit administratif

Par M. Georges LECHALAS, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Compte rendu par M. G. BECHMANN, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

M. Georges Lechalas poursuit avec une persévérance méritoire la publication de son *Manuel de droit administratif*. Il vient de faire paraître, dans l'*Encyclopédie des Travaux publics*, un fascicule de même importance que le précédent, et qui, en s'y ajoutant, complète le second volume de l'ouvrage.

Le nouveau fascicule se divise en deux parties, qui sont les septième et huitième de la classification générale : la première, consacrée à la *Police des voies de communication*, grande voirie, petite voirie, roulage ; la seconde, à l'*Étude du Domaine public*, de sa délimitation, de son exploitation.

Il n'est pas besoin de faire ressortir l'importance de ces deux sujets. Les questions qui s'y rattachent sont de celles qui se présentent presque journellement soit dans les services ordinaires, soit dans les services maritimes ou de navigation intérieure. Permissions de voirie, autorisations, contraventions, reconnaissance et conditions juridiques du domaine public, produits, occupations temporaires, concessions, redevances, autant de sources de difficultés administratives qui motivent à chaque instant de longues recherches pour se procurer des documents précis, des précédents topiques, et obligent à consulter, non sans déplacements ni pertes de temps, des ouvrages épars dans les bibliothèques, des recueils plus ou moins spéciaux. Quel précieux avantage que d'avoir sous la main, dans une forme remarquablement concise, un exposé des principes généraux, les textes législatifs ou réglementaires, le commentaire explicatif de ces textes et la jurisprudence ; le tout méthodiquement classé, avec des tables qui permettent de trouver presque instantanément les renseignements dont on a besoin !

Il est assurément regrettable que ce fascicule se soit attendre cinq ans; mais, si l'on songe à l'énormité de la tâ entreprise, à la masse des documents consultés, au soin mi tieux et éclairé avec lequel les matériaux ont été recueillis et en œuvre, on ne s'explique que trop cette lenteur, et l'on peut que s'incliner devant le labeur accompli par l'auteur accepter avec reconnaissance le service rendu par lui.

N° 18

Le pont du roi Charles, sur le Neckar, entre Stuttgart et Cannstatt. — Berlin, 1895.

Par le Président K. DE LEIBBRAND.

Compte rendu par M. HUMBERT, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'ouvrage dont nous rendons compte comprend 43 pages de grand format, avec 50 figures dans le texte et 9 grandes planches d'atlas ; il est consacré à un pont métallique très décoratif construit entre Stuttgart et Cannstatt sur le Neckar. Il se divise en trois parties, dont la première est consacrée aux recherches préliminaires, aux pourparlers qui ont abouti à l'adoption de l'ouvrage ; la seconde, à l'histoire de la construction ; et la troisième, à la description des travaux.

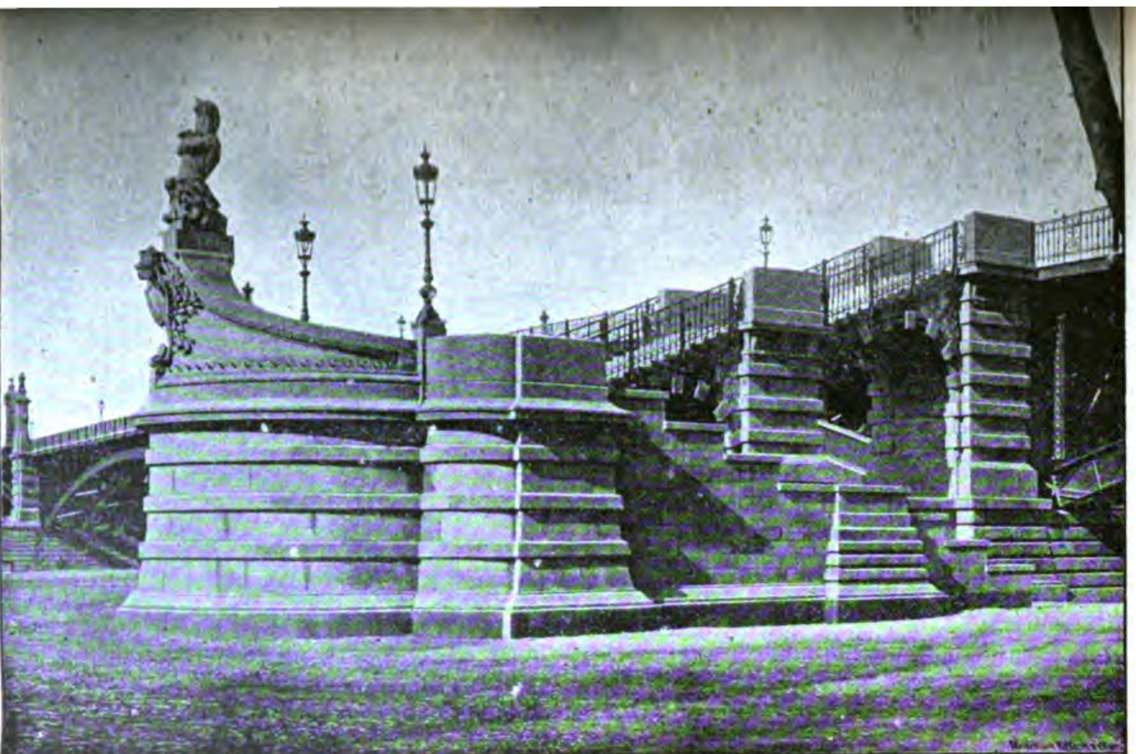
Le pont Guillaume, construit de 1835 à 1838, par E. von Etzel, qui a 133 mètres de longueur, 10m,88 de largeur, formé de 5 arches en pierre de 18m,62 d'ouverture, constituait la seule jonction qui existât par voie de terre entre Stuttgart et son faubourg de Berg, d'une part, et la ville de Cannstatt, d'autre part. Stuttgart ne comptait à ce moment que 40.000 habitants, et Cannstatt 4.500.

Le nouveau pont (Pl. page 334 *bis*), nécessité par l'accroissement de la population et le développement du trafic entre les deux villes, comporte 5 travées métalliques dont les ouvertures sont comprises entre 45 et 50 mètres. La longueur totale de l'ouvrage, entre les socles des deux culées, est de 249m,48. La largeur du pont entre parapets est de 18 mètres, savoir : 11 mètres pour la chaussée, et 3m,50 pour chacun des trottoirs.

Les travaux, commencés en août 1891, ont été terminés en août 1893.

Les figures et les vues photographiques jointes au présent compte rendu montrent avec quel aspect décoratif l'ouvrage a été conçu et exécuté. Il comporte, à chaque extrémité, deux pylones en pierres de taille, au pied desquels sont des statues de marbre blanc. Sur chacune des piles se trouvent également des pylones





Escalier de la rive droite.



Culée de rive droite avec pylone

ierre. En outre, aux piles des deux travées de rives sont és des escaliers en pierre de taille, qui permettent aux pié- de monter de la berge sur le pont, et sur ces piles sont es des statues.

caissons en tôle qui supportent les fondations des piles ont ncés à l'air comprimé à des profondeurs de 9 à 10 mètres essous du niveau des plus basses eaux; ils ont été descendus 'à un banc de marne compacte, au-dessus duquel on avait ntré successivement (en allant de bas en haut), la marne re, l'argile, le gravier et la terre végétale.

s cinq travées métalliques de l'ouvrage ont respectivement les ensions suivantes, en allant de la rive gauche vers la rive te :

ertures......	45m,51	48m,00	50m,48	48m,00	45m,51
t. des flèches.	4 ,375	4 ,375	4 ,855	4 ,505	3 ,695
port........	$\frac{1}{10,40}$	$\frac{1}{10,14}$	$\frac{1}{10,40}$	$\frac{1}{10,65}$	$\frac{1}{12,32}$

acune d'elles est formée de six poutres paraboliques, distantes m,20, articulées aux naissances, profilées en forme de I et t les hauteurs sont les suivantes :

ommet.........	750mm	790mm	830mm	790mm	750mm
naissances.....	860	900	940	900	860

'âme de ces poutres a 12 millimètres d'épaisseur ; elle est e à chacune de ses extrémités par des cornières de × 90 × 12 à des plates-bandes de 380 millimètres de largeur, t l'épaisseur est de 14 millimètres pour celles de l'intérieur, s'étendent sur toute la longueur des arcs, et de 12 milli- es pour les autres, qui règnent seulement depuis le sommet u voisinage des naissances.

verticales, qui reportent le poids du pont sur les arcs, t chacune des cinq travées en 18, 19 ou 20 parties de m,508 et 2m,509 de longueur. Ces verticales sont formées, têtes du pont, par un fer plat de 300 × 10 et une cornière × 80 et, à l'intérieur, par des cornières de 100 × 100 × 14 × 90 × 10.

deux longrines extrêmes qui supportent le tablier sont ées de fers plats de 8 millimètres d'épaisseur et de cornières 75 × 75 × 8 ; celles de l'intérieur sont en forme de I de

300 millimètres de hauteur, de 10 millimètres d'épaisse quatre cornières de 75 × 75 × 10. Ces longrines sont relié arcs par des diagonales.

Le platelage du pont est supporté par des pièces transv distantes de $1^m,25$ environ, reposant sur les longrines et a forme de I qui présentent, dans la partie centrale de la ch une hauteur de 410 millimètres, réduite à 250 millimètres bords; l'épaisseur est uniformément de 8 millimètres. Ces supportent les fers Zorès, sur lesquels est établie la chaussé

Le poids total de la superstructure métallique s'él 1.380 460 kilogrammes.

M. de Leibbrand donne, dans un chapitre spécial, to détails des calculs des différentes parties de l'ouvrage, c dans lesquels on a admis comme poids propres des maté (pour 1 mètre cube) les chiffres suivants :

Bois................	1.000	kilogrammes
Asphalte	2.200	—
Béton..............	2.500	—
Fer................	7.800	—
Fonte.............	7.250	—

Le poids des piétons a été pris égal à 400 kilogramme mètre carré de chaussée et à 560 kilogrammes par mètre de trottoir ; quant au poids maximum des charges isolées s chaussée, on a pris celui d'un cylindre à vapeur de 20 to porté par deux essieux distants de $2^m,90$, le premier essieu po 8 tonnes et le second 12 tonnes, la longueur totale du cyli étant de $2^m,10$. On a admis pour le vent une pression de 150 grammes par mètre carré et, pour les efforts dus aux cha ments de température, un écart de 50° entre les tempéra extrêmes.

Les calculs des sections ont été faits d'après la théori Weyrauch (Voy. *La résistance et le calcul des dimensions des c tructions en fer et en acier*, par le Dr Jacob.-J. WEYRAUCH ; Leip 1889), en se servant de la formule :

$$b = 800\left(1 + \frac{\psi}{2}\right).$$

Pour le calcul de la force des rivets, la résistance au cisail

a été prise égale aux 4/5 de la résistance à la compres-

limites de travail du métal, dans les conditions les plus
rables, étaient les suivantes :

Métal travaillant à l'extension et à la compression.

Pour le fer........................	700 atmosphères
Pour l'acier Martin................	1.000 —

Métal travaillant à la compression.

Pour l'acier fondu au creuset.......	2.000 atmosphères
Pour la fonte......................	1.000 —

es dépenses totales de l'ouvrage se sont élevées à 1.673.000 francs. s ce total, les fondations figurent pour 441.000 francs ; les s et les escaliers, pour 297.000 francs ; les ornements d'archi- ure et la décoration artistique des piles et des escaliers, pour .000 francs.

e poids de la superstructure métallique étant de 1.380.460 kilo- mmes (non compris les fers d'ornementation), et son prix 545.295 francs, le prix de revient pour 100 kilogrammes de 39 fr.50.

La balustrade en fer pèse 90 kilogrammes et coûte 85 francs le tre, soit 93 fr.75 pour 100 kilogrammes.

Voici un aperçu de quelques-uns des prix unitaires :

Travaux de fondations.

ssons en tôle....................	500f,00 la tonne
cation du matériel pour fondations à l'air comprimé.................	37.500 ,00 par pile
blai dans l'air comprimé.........	18 ,75 le mètre cube
cle en granit....................	150 ,00 —
ton composé de 1 partie de ciment et 12 parties de gravier avec blocs de pierre (non compris le prix du ciment).........................	11 ,25 —
étonage des caissons : 1 partie de ciment, 9 de gravier (non compris le ciment).......................	22 ,50 —
ment de Portland rendu en gare de Cannstatt.......................	3 ,70 les 100 kilogr.

Piles et escaliers.

Maçonnerie de pierres de taille en grès bigarré de la Forêt-Noire...... de	81 f,25	
à	117 ,50	le mètre (
Mur de tête........................	50 ,00	—
Granite de Suède, poli.............	712 ,50	—
Marches en granite, avec moulures..	11 ,90	le mètre l
— sans moulures..	9 ,75	—
Béton (suivant sa composition) et non compris le ciment...... de 6f,90 à	12 ,50	le mètre
Ciment de Portland, rendu en gare de Cannstatt........................	3 ,55	les 100 kil

Pylones.

Taille de pierre sur grès............	112 ,50	le mètre c
Béton (1 de ciment, 8 de gravier)....	25 ,00	—

Tablier du pont.

Platelage en sapin de 0m,15 d'épaisseur (non compris la couche de béton)........................	13 ,35	le mètre ca
Béton sous le platelage (0m,12 d'épaisseur), 1 de ciment et 7 de gravier (y compris ciment)..............	3 ,00	—
Bordures en granite, de 0m,30 de hauteur et 0m,15 d'épaisseur..........	7 ,50	le mètre lin
Asphaltage des trottoirs, y compris la couche de béton	7 ,50	le mètre ca

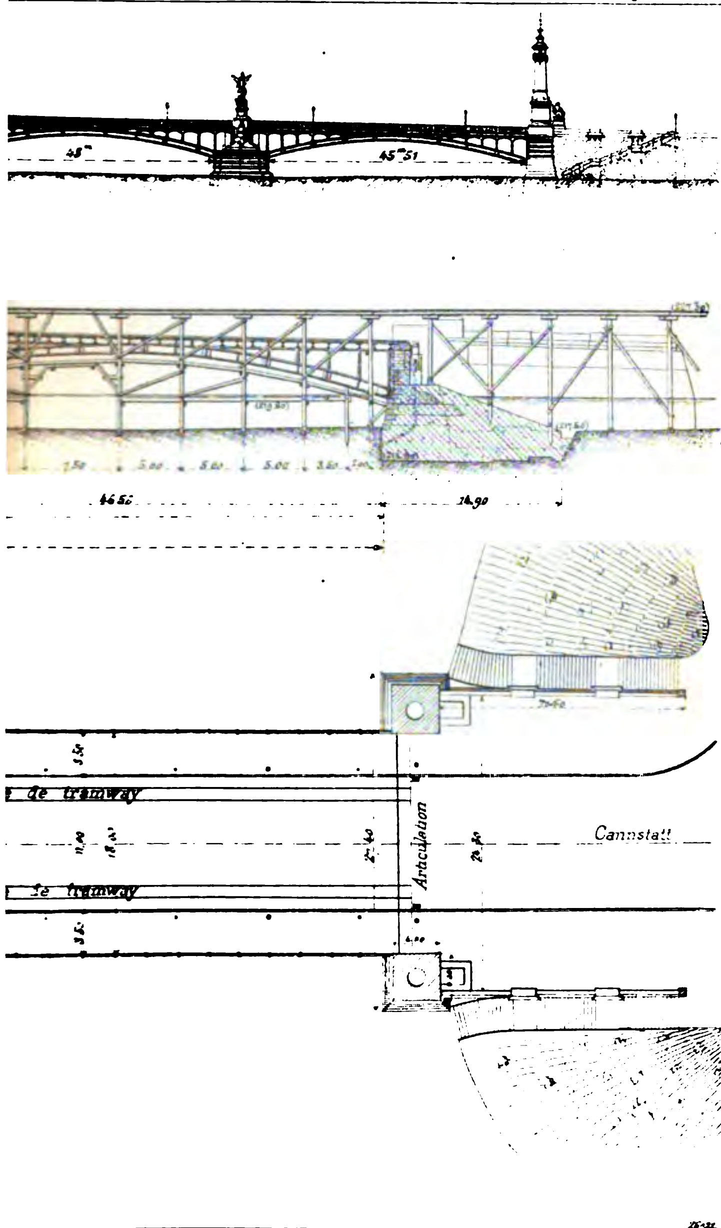
Peinture des fers.

Peinture à l'huile à 2 couches.......	0 ,44	—

La quantité de béton qui est entrée dans la confection du pc atteint 13.260 mètres cubes; la maçonnerie, 3.060 mètres cube on a employé en tout 2.553 tonnes de ciment de Portland.

G. H.

Paris, le 18 janvier 1898.



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque Paris

quelles sont enchâssées des barres rondes métalliques, les calculs indiquent que, pour obtenir le maximum de résistance, toutes choses égales, d'ailleurs, il convient de distribuer ces barres en deux armatures symétriques par rapport au plan diamétral horizontal de la poutre ;

3° On peut adopter pour le calcul de la section des armatures symétriques la formule simple $RSh = M$, dans laquelle on adoptera pour R les valeurs de 12×10^6 pour le fer, et 18×10^6 pour l'acier, étant rappelé que S représente la section d'*une seule* armature, et 2S la section totale des fers ou des deux armatures symétriques et que la section du béton doit être au moins 25 fois celle du métal, étant rappelé aussi que M représente le moment des forces extérieures, et h la distance entre les deux armatures ;

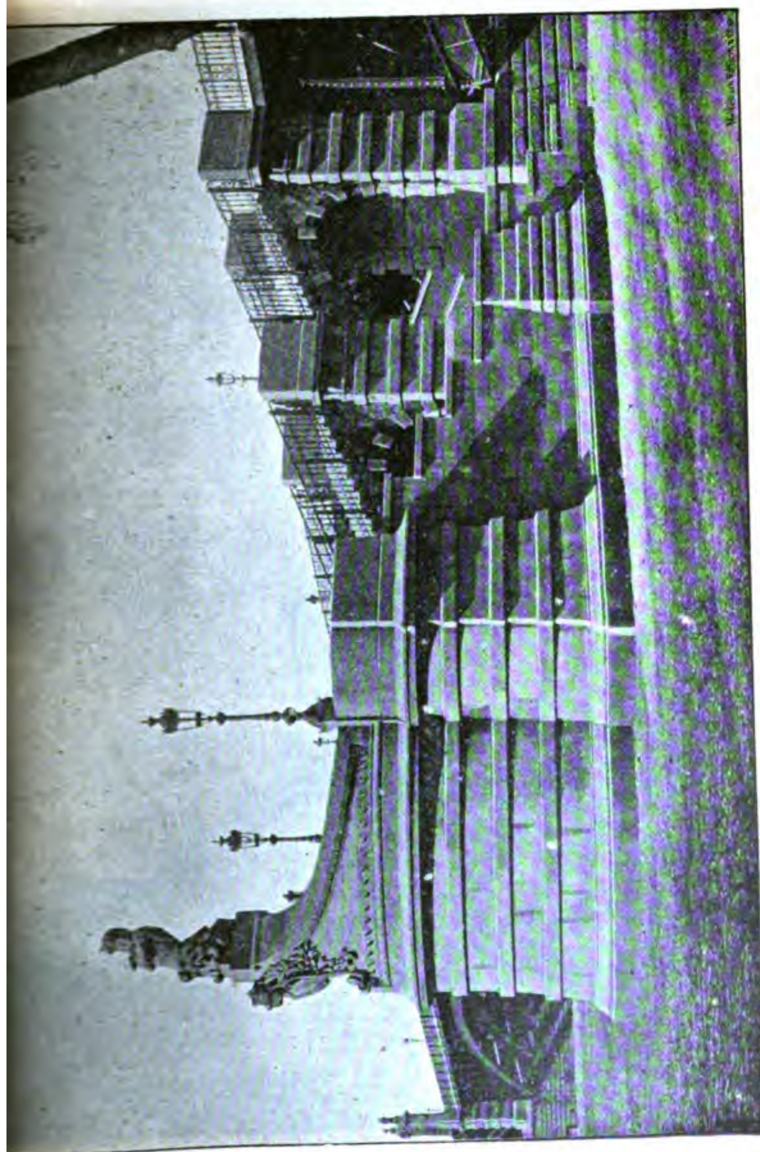
4° A la section ainsi trouvée pour les armatures, il y a lieu d'ajouter un supplément dû à l'effort tranchant.

Revue technique (25 février 1898) : *L'utilisation rationnelle des chutes d'eau de faible hauteur.* — M. Von der Heydt résout le problème au moyen de turbines à axe horizontal agissant sur des dynamos.

II. — Matériaux et Procédés généraux de construction.

Bulletin de la Société d'Encouragement (décembre 1897) : R. Feret. — *Étude sur la constitution intime des mortiers hydrauliques.* — L'auteur, renvoyant, pour plus de détails sur les essais exécutés par lui, à des publications antérieures et notamment à un mémoire inséré dans les *Annales des Ponts et Chaussées* de 1892 (2e semestre, p. 1 à 164), rend d'abord compte de la composition des éprouvettes essayées. Il examine ensuite : la *résistance des mortiers aux divers genres d'efforts :* flexion, traction, compression, cisaillement, poinçonnage ; la *composition volumétrique élémentaire des mortiers ;* la *relation entre la résistance à la compression et les volumes élémentaires;* la question des *essais normaux de résistance ;* celle du *dosage des mortiers de chantier ;* la *composition granulométrique*, la composition des *mortiers à trois éléments solides :* sable, liant, matière fine additionnelle ; enfin l'avantage de l'*addition au ciment de matières pouzzolaniques.*





Escalier de la rive droite.

1 ou 2 des 6 parties de sable entrant dans la composit[...] mortier pris pour exemple, et ce jusqu'à ce que le m[...] ait la finesse du ciment, puis en mélangeant la poudre [...] obtenue avec le restant du gros sable dans la proportion de [...] ou de 3 à 4, on obtient un mortier dans lequel :

1° La totalité des cavités est notablement diminuée ;

2° Les cavités sont, comme pour le ciment ordinaire, [...] samment remplies de poudre, et dans cette poudre le ci[...] est réparti uniformément.

On se procure ainsi une espèce de béton très fin, [...] lequel le mortier est représenté par le silico-ciment, et [...] cailloux par le sable ordinaire non pulvérisé.

Les essais faits d'après ce principe ont donné d'excel[...] résultats, si bien que la fabrication et l'emploi du silico-ci[...] ont pris une extension considérable.

L'auteur décrit la méthode de fabrication appliquée p[...] Société des Ciments français de Boulogne-sur-Mer. Il [...] compte d'essais comparatifs exécutés dans divers laborat[...] pour reconnaître la qualité des produits. Les *Annales des [...] et Chaussées* (juillet 1892) ont rendu compte des essais exé[...] par M. Feret à Boulogne-sur-Mer.

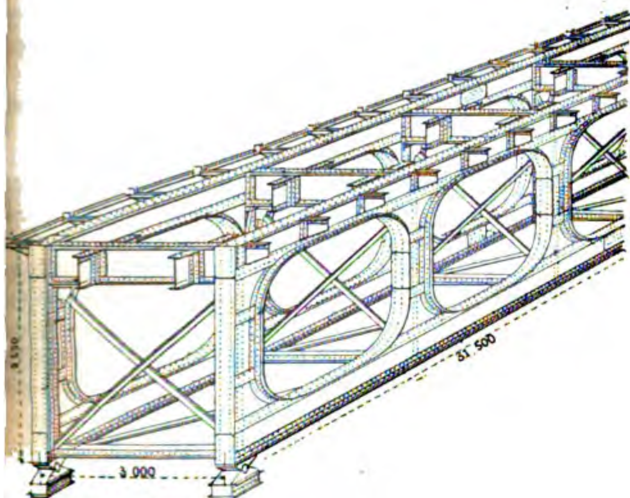
III. — Routes. — Ponts et viaducs.

Le Génie civil (1er janvier 1898) : A. Morizot. — *Pont à arc[...] système Viérendéel, expérimenté à l'Exposition de Bruxelle[...]* L'ossature de ce pont est caractérisée par la forme partic[...] des poutres à arcades. Toute triangulation est suppri[...] Chaque poutre se compose de deux bandes parallèles (hau[...] basse), réunies par d'amples congés à des montants verti[...] divisant la longueur en compartiments à peu près carrés.

La théorie complète du système a été donnée par M. Vié[...]déel dans l'ouvrage intitulé : *Longerons à treillis et longe[...] à arcades.*

M. Viérendéel ne condamne pas la poutre à treillis ; il se [...] pose de vérifier si la même solidité et la même sécurité ne p[...] raient pas être réalisées plus économiquement. Il estime [...] la poutre à arcades satisfait à la majeure partie des co[...] tions déterminées par M. Dupuy à la suite d'expériences en[...] prises sur le pont de Cosne en mai 1895 (*Annales des Pon[...] Chaussées*, 2e semestre 1895). Cependant il juge, contrairem[...]

. Dupuy, qu'il faut éviter les barres surabondantes et que les outres à treillis serrés ne sont pas une amélioration. Or la iagonale, indispensable avec des nœuds articulés, devient rabondante avec des nœuds rigides. En la supprimant, on tient la poutre à arcades.



Le pont à deux poutres à 9 arcades, de $31^m,50$ de portée entre les axes des rotules et de 3 mètres de hauteur, avec tablier supérieur pour une seule voie ferrée, qui figurait à l'Exposition de Bruxelles, a été soumis à une série d'épreuves avec surcharges croissantes.

Le pont exécuté droit, sans contre-flèche, a pris, sous l'effet de son poids mort (67.564 kilogrammes) une flèche de $13^{mm},55$, relevée le 21 août par une température de 17°.

Du 24 au 29 août, la dernière travée fut chargée uniformément de 76.000 kilogrammes, correspondant à une demi-surcharge totale (4.700 kilogrammes par mètre courant). La flèche observée fut de $26^{mm},35$, ce qui donne pour la flèche due à la surcharge 26,25 — 13,55, soit $12^{mm},80$.

Du 29 août au 7 septembre, le chargement fut complété à 152 tonnes sur toute la longueur, et la flèche observée fut de $48^{mm},40$, ce qui donne 48,40 — 13,55, soit $34^{mm},85$ pour la flèche due à la surcharge totale.

Ces résultats sont relatifs à la première partie des ex-
riences. Il sera rendu compte ultérieurement de la seco
partie de ces expériences, poussées jusqu'à la rupture du p

Le Génie civil (8 et 15 janvier 1898) : G. Bauchal et L. Coss
— *Exécution des maçonneries des nouveaux viaducs sur la Se du chemin de fer de Paris au Havre.* — A l'origine, la ligne de Pa au Havre franchissait la Seine, entre Bezons et Oissel, moyen de ponts à tabliers en bois, qui furent remplacés des ponts métalliques à arcs en fonte. Le pont de Bezons, le petit bras de la Seine, détruit pendant la guerre de 1870, reconstruit avec un tablier en fer à poutres droites. Les aut ponts ont été remplacés, dans ces dernières années, à rai de l'accroissement continu des charges roulantes, par ouvrages neufs, placés en général à 20 mètres d'axe en axe anciens. Seul le pont de Bezons, sur le grand bras de la Sei a été reconstruit à son emplacement primitif, sur les ancien fondations.

De mars 1892 à juillet 1896, la Compagnie de l'Ouest a reco truit les ouvrages suivants :

Viaduc du Manoir, long de 226m,75, avec tablier en fer ;

Viaduc d'Oissel, long de 202m,30, avec tablier en fer ;

Viaduc de Tourville, long de 203m,50, avec tablier en fer ;

Viaduc de Maisons, sur le grand bras de la Seine, long 195m,40, tout en maçonnerie ;

Viaduc de Maisons, sur le petit bras de la Seine, long 92m,50, tout en maçonnerie ;

Viaduc de Bezons, sur le grand bras de la Seine, long 194 mètres, avec tablier en fer.

Les auteurs décrivent sommairement ces différents ouvrag tous fondés à l'air comprimé et s'étendent particulièrement s les fondations des ponts de Maisons, composés : sur le gra bras, de cinq arches elliptiques de 29m,50 d'ouverture, et, sur petit bras, d'une arche elliptique de 32 mètres et de voûtes lat rales de 10 mètres. Ils donnent l'évaluation des efforts auxque est soumis le métal du caisson dans les différentes phases d fonçage. L'effort maximum ne dépasse point 5 à 6 kilogramme

Les voûtes ont été exécutées en deux rouleaux avec trip clavage à chaque rouleau. Elles sont faites en moellons de choix : de Souppes, pour la douelle ; de Saint-Maximin, pour le restant de la construction. Le mortier se compose de 0mc,900 de sable, 250 kilogrammes de chaux du Teil et 180 kilogrammes

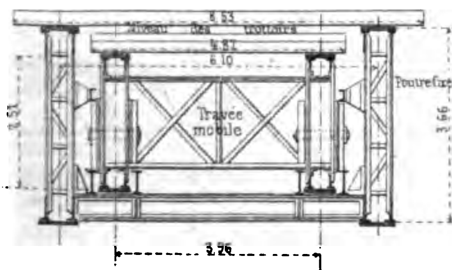
le ciment Candlot. Sa résistance à l'écrasement est de 45,64 et 00 kilogrammes, au bout de huit, dix-sept et deux cent dix jours.

La dépense pour le viaduc en maçonnerie du grand bras de la Seine a été de 774.000 francs. Pour un viaduc à tablier métallique, elle eût été de 889.000 francs.

Génie civil (12 février 1898) : *Le pont Victoria, à travée coulissante sur la Dee, à Queensferry (Angleterre).* — Ce pont-route, situé à 8 kilomètres en aval de Chester, est pourvu d'une travée centrale mobile pour les besoins de la navigation (Pl. page 344 *bis*). Le projet en a été mis au concours. Sur dix-huit projets présentés, celui de M. T.-W. Barber obtint le prix. L'ouvrage, commencé en avril 1895, a été inauguré le 2 juin dernier.

Il se compose de trois travées métalliques. Les deux travées de rive, de 42^{m},67 de portée, sont formées chacune de deux poutres principales droites, à croix de Saint-André, écartées de 6^{m},10 d'axe en axe, assemblées à la partie inférieure avec des entretoises et contreventées à la partie supérieure par un platelage en tôle d'acier. Chaque travée repose sur une culée en maçonnerie et sur une pile en pieux à vis, constituée par dix tiges pleines d'acier de 0^{m},15 de diamètre, profondément enfoncées, entretoisées ensemble et protégées par des pieux en bois.

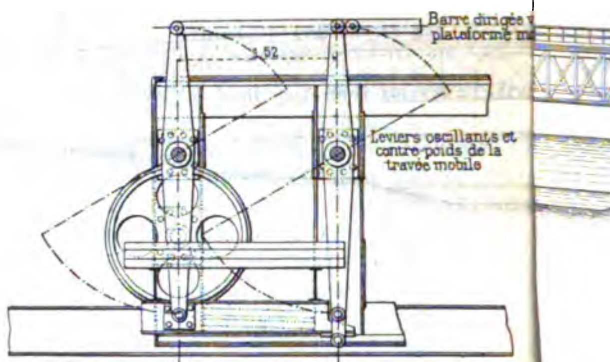
La partie mobile se compose de deux demi-travées égales, de 18^{m},29 de longueur utile. La section en est semblable à celle des travées de rive, mais plus restreinte dans les deux



Coupe transversale montrant la poutre mobile à l'intérieur de la poutre fixe.

sens, de manière que ces demi-travées mobiles puissent *coulisser* dans les travées fixes. Les poutres de tête y sont écartées

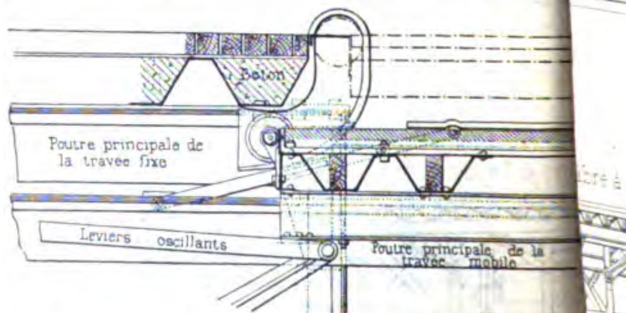
de $3^m,96$ d'axe en axe. Il faut que la plate-forme (c
trottoir) de chaque travée mobile puisse s'abaisser pour
à cette travée de rentrer dans la travée fixe. A ce
plate-forme en question repose sur onze petits levie



Disposition des poutres articulées pour l'abaissemen
de la plate-forme mobile.

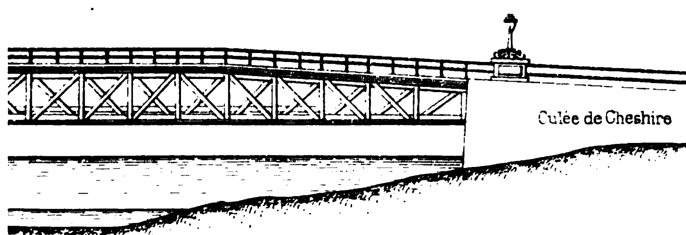
rotation détermine un abaissement de $0^m,375$. Le gar
est articulé de manière à pouvoir se replier sur la plat

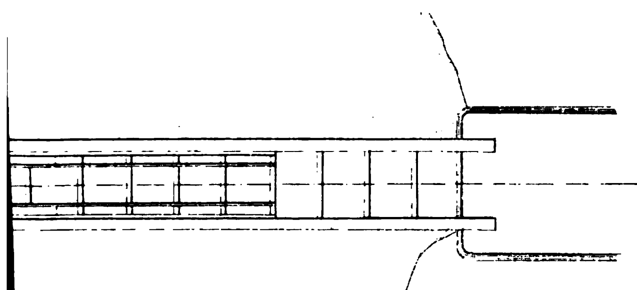
La manœuvre comprend deux mouvements : l'un d
ment des travées mobiles, l'autre de roulement de ces



Galet de guidage pour l'abaissement de la plate-forme mobi
avant la rentrée de la poutre mobile dans la poutre fixe.

dans l'intérieur des travées fixes. Ce roulement s'effectu
moyen de roues à boudins de $1^m,32$ de diamètre portan
des longrines en acier.







Auto Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

La force motrice est fournie par de l'eau mise sous pression ır une paire de pompes à vapeur.

La dépense totale s'est élevée à 350.000 francs.

énie civil (26 février 1898) : A. Dumas. — ***Pont à jonction cen-ale partielle sur le Chéliff*** (*Algérie*). — Le pont de Hachachta sur Chéliff, au droit de Mostaganem, est actuellement en cons-uction et sera sans doute terminé à la fin de 1898. Il appar-ent au type des *ponts-grues*. — L'ouvrage est à trois travées, eux travées de rive de 30 mètres et une travée centrale de 5 mètres. Les piles et les culées sont en maçonnerie. Le tablier st une poutre rectiligne en dessous, à contour brisé en dessus, rec relèvement sur les piles.

Les deux moitiés du tablier, montées sur les deux rives, ront lancées en deux tronçons distincts, venant se rejoindre ı milieu de l'ouvrage. Les voûtins de la chaussée seront cons-uits pendant que le tablier sera ainsi en porte-à-faux ; et ce 'est qu'après leur achèvement que les deux tronçons seront endus solidaires dans l'axe de la travée centrale.

IV. — Navigation intérieure.

letin de la Société des Ingénieurs civils (novembre 1897) : . Lencauchez. — ***De la résistance des barrages d'une grande ngueur et grande hauteur soumis à des pressions statiques con-idérables.*** — L'auteur, s'appuyant sur l'observation d'accidents urvenus à Trouville à des tuyaux en grès cérame, lesquels, yant bien résisté, lors des essais, à des pressions de 10 kilo-rammes, ont crevé, quelques années plus tard, sous des pres-ions de 3 kilogrammes, en conclut que les barrages monolithes n maçonnerie, nécessairement crevassés par l'effet des varia-ions de température, sont tous condamnés à périr dans un élai plus ou moins long. Pour rendre ces barrages durables, l faut les construire en forme de demi-tours rondes appuyées ur des contreforts suffisamment développés.

VI. — Chemins de fer. — Tramways. — Automobiles.

nales des Mines (10e et 11e livraisons de 1897 : Feu Massieu et L. Étienne. — ***Étude sur les enclenchements entre leviers servant à la manœuvre des signaux, aiguilles, etc., des chemins de fer.*** —

La première partie traite des principes et de la signific des enclenchements. La deuxième partie expose une mét pour l'étude des enclenchements binaires simples et l'app tion de cette méthode à divers cas particuliers.

Revue générale des Chemins de fer (novembre 1897) : LE TOUZ. *Note sur l'emploi d'une boîte médiane pour les essieux coud fusées extérieures aux roues.* — On peut se demander si l'ad tion d'une troisième boîte n'est pas une complication inut L'auteur démontre par le calcul que l'addition d'une bo médiane, réduit sensiblement la fatigue de l'essieu, à conditi que celui-ci ait peu de jeu dans la boîte.

—— (Décembre 1897) : *Méthode de lavage et de remplissage à ch des chaudières de locomotives adoptée aux chemins de fer de l'E* Il y a grand intérêt, pour la bonne conservation des machin et pour les facilités du service, à employer de l'eau chau pour le lavage et le remplissage des chaudières de locomotiv La Compagnie de l'Est a expérimenté, à cet effet, divers app reils et, après des essais répétés, en a adopté deux :

1° Le réchauffeur, chauffant l'eau sans augmenter la pressio employé dans les dépôts pourvus d'une pompe de lavage ;

2° L'éjecteur Bohler, échauffant l'eau et augmentant la force projection du jet, employé dans les dépôts non pourvus d'u pompe de lavage.

—— (Décembre 1897) : R. GODPERNAUX. — *Système électro-pn matique Westinghouse et son application nouvelle à la gare ter nus du chemin de fer de Philadelphia and Reading à Philad phie.* — L'auteur décrit d'abord la gare centrale, mesura 82 mètres de largeur sur 210 mètres de longueur. Le bâtime de front, de 82 mètres de largeur, 30 mètres de profondeur 51m,70 de hauteur, est élevé sur caves, et comprend sept étag occupés par le service des voyageurs et les bureaux. Les rail sont au niveau du premier étage. Entre le bâtiment princip et la halle se trouve une vaste salle des Pas-Perdus de 15 mètr de largeur. La halle est couverte par une charpente métalliqu avec fermes sans tirants, à trois articulations, du même typ que la ferme de la Galerie des Machines de l'Exposition de 1889. L'ouverture d'axe en axe des articulations est de 79m,30. Les fermes sont groupées par deux, avec espacement de 1m,5 d'axe en axe, l'espacement des groupes étant de 15m,30.

La disposition des voies n'offre rien de particulier Ce qui est

intéressant, c'est l'application pour l'exploitation, ainsi que pour la manœuvre des signaux et des aiguilles, des appareils *électro-pneumatiques* de l'Union Switeh and Signal Cy, qui, depuis quelques années, deviennent d'un usage assez fréquent. Dans ce système l'air comprimé est employé comme force motrice. Il est amené d'une station centrale aux divers appareils à manœuvrer, aiguilles et mâts de signaux ; chacun d'eux est muni d'un dispositif comportant un cylindre et un piston actionnant le signal ou l'aiguille et commandés par des valves actionnées par des courants électriques émanant de la cabine à signaux. L'auteur examine en détail les dispositions et le fonctionnement des appareils fondés sur ce principe.

Il termine son étude par l'indication des principaux chiffres de dépense. Le bâtiment principal, non compris le chauffage, l'éclairage électrique, les ascenseurs, l'alimentation d'eau, a coûté 1.933 francs le mètre carré. La halle aux voyageurs et le *lobby* (salle des Pas-Perdus) sont revenus à 458 francs par mètre carré, dont 62 francs pour la charpente en fer.

Revue générale des Chemins de fer (Janvier 1898) : J. Morandière. — *Locomotive-tender à trois essieux, dont deux accouplés et un bissel à l'avant, construite pour le service des lignes à voie de 1 mètre du réseau breton de la Compagnie de l'Ouest.* — Le poids total est de 21 tonnes ; le poids utile pour l'adhérence, de 15.600 kilogrammes ; la surface de chauffe totale, de 33^{m2},610 ; la longueur de tampon en tampon, de 7^{m},300 ; et la hauteur de la cheminée au-dessus du rail, de 3^{m},400.

— (Janvier 1898) : *Suppression de la poussière soulevée par le passage des trains au moyen de l'épandage sur le ballast d'huile minérale de rebut* (tiré du *Railroad Gazette* du 7 août 1897). — De l'huile minérale de rebut, résidu de la distillation du pétrole, a été épandue par la Compagnie du Pensylvania Railroad, d'avril en août 1897, sur 160 kilomètres, à raison de 5.000 litres par kilomètre. L'épandage s'opère à l'aide d'un wagon plat muni d'un tuyau fixe transversal et de deux tuyaux mobiles percés de trous à leur partie inférieure. Ce système de tuyaux est mis en communication avec les caisses à huile d'un wagon-réservoir attelé au précédent. La vitesse du train est de 7 kilomètres à l'heure. La couche d'huile pénètre le ballast fin sur une profondeur de 75 à 100 millimètres, et les traverses sur 6 à 8 millimètres. Parfois on imprègne aussi les flancs des tranchées. Cette huile est incombustible, et

l'odeur s'en dissipe au bout de quelques jours. Moyennant un épandage ainsi pratiqué, le passage des trains rapides, pendant la période les plus sèches de l'année, ne soulève, paraît-il, aucune poussière. La Compagnie estime que trois épandages successifs, opérés à quelques mois d'intervalle, suffiront pour plusieurs années.

Revue générale des Chemins de fer (février 1898) : Brière et de la Brosse. — *Note sur le projet de prolongement de la ligne d'Orléans vers le quai d'Orsay à Paris.* — Il importait de rapprocher

la tête des Chemins de fer d'Orléans du centre de Paris, d'autant que le développement de la capitale se fait surtout vers l'ouest, du côté opposé à la gare, tête de ligne actuelle. Il fal-

lait se procurer vers le centre de Paris un espace disponible de 20 à 30.000 mètres carrés. On l'a trouvé sur l'emplacement du palais et la caserne d'Orsay.

La ligne suit les quais de la rive gauche en contournant les culées des ponts. Le profil en long est facile ; sauf la pente de 0m,011 existant à l'origine pour le raccordement avec les voies de la gare actuelle, les déclivités sont au plus de 0m,005 ; le rayon des courbes ne descend nulle part au-dessous de 150 mètres. Le niveau du rail est à peu près celui des eaux ordinaires.

Le long du quai Saint-Bernard, où le bas quai est très large, et jusqu'au pont Sully, la voie est à ciel ouvert. Sur le reste du parcours, le bas quai étant étroit, le chemin de fer passe sous le quai haut et reste souterrain jusqu'au quai d'Orsay, prenant de nombreux jours sur la Seine. Deux dispositions différentes sont adoptées, selon les circonstances, pour la coupe en travers.

La gare de la place Valhubert devient gare de passage. Entre cette gare et la gare terminale du quai d'Orsay, une station sera créée place Saint-Michel.

La dépense pour l'ensemble du projet est estimée à 40 millions pour une longueur de 4 kilomètres en nombre rond. Elle se décompose comme il suit :

	francs.
Frais d'études et de personnel..........	900.000
Acquisition de terrain. — Indemnités...	12.300.000
Infrastructure, y compris déviation des égouts et des conduites d'eau et de gaz.	17.550.000
Superstructure, y compris les bâtiments de la gare du quai d'Orsay............	9.250.000
Total..........	40.000.000

Revue générale des Chemins de fer (février 1898) : M. Demoulin. — *Locomotives à grande vitesse à quatre cylindres construites récemment en Angleterre et aux États-Unis.* — Description de quatre types appartenant aux entreprises suivantes : *Glascow and South Western Railway*, — *London and North Western Railway*, — *London and South Western Railway*, — *Balanced Locomotive and Engineering Cº* de New-York, C'est surtout le désir d'employer le système compound qui a donné naissance aux machines françaises à quatre cylindres, tandis que, dans les

locomotives faisant l'objet de cette note on a cherché av[ant] tout à réaliser l'équilibre des organes à mouvement altern[atif] au point que plusieurs d'entre elles sont à simple expansion.

Revue générale des Chemins de fer (Février 1898): Pelin. — *Locomotives compound à quatre cylindres et à grande vitesse du Chemin de fer du Nord.* — Quarante machines de ce type, construites par la *Société alsacienne*, ont été mises en service de 1893 à 1896. L'auteur donne la description de ces machines et de leurs tenders à bogies.

Les principales dimensions des machines sont les suivantes :

Longueur totale......................	9^{m},895
Surface de chauffe totale.............	175^{m2},580
Diamètre moyen de la chaudière.....	1^{m},350
Diamètre des cylindres d'admission...	0 ,340
— — de détente....	0 ,530
Diamètre des roues motrices.........	2 ,114
— — porteuses........	1 ,040
Poids de la machine en service.......	50^{T},460
Charge sur les roues motrices........	31 ,010

De 1892 à 1898, l'accroissement de la vitesse commerciale sur les lignes de Lille et de Calais a dépassé 14 0/0 ; et le poids remorqué a pu être élevé de 155 à 200 tonnes. Ces augmentations de vitesse et de charge n'ont rien coûté comme combustible.

—— (Février 1898) : *Coup d'œil sur l'exploitation des chemins de fer pendant l'exercice* 1897 :

En France, accroissement de recettes de 36 millions, soit 2,3 0/0 par kilomètre ;

En Angleterre, accroissement de 79 millions, soit 3,8 0/0 par kilomètre.

En Allemagne, accroissement de 75 millions, soit 3,6 0/0 par kilomètre ;

—— (Février 1898) : *Tramway de la côte Sainte-Marie au Havre.* — La ligne, longue de 750 mètres, franchit une dénivellation de 69^{m},54 avec des déclivités variant de 76 à 115 millimètres par mètre. Elle est exploitée par simple adhérence, par traction électrique à prise de courant par trolley. La durée du parcours est de quatre minutes à la montée et de cinq minutes et demie à la descente. Le matériel roulant se compose de 4 voitures

automotrices pouvant contenir chacune 20 voyageurs d'intérieur et 30 de plate-forme. Les freins, au nombre de trois, frein magnétique, frein à 4 sabots manœuvré par une vis sans fin, frein à patins manœuvré par une vis sans fin, sont suffisants pour que chacun d'eux puisse assurer le service.

VII. — Génie rural. — Assainissement. — Distribution d'eau.

Bulletin de la Société d'Encouragement (février 1898) : Bechmann. — *L'assainissement de la Seine*, conférence faite à la Société d'Encouragement, le 26 novembre 1896, donnant l'historique et la description des travaux d'assainissement de la ville de Paris.

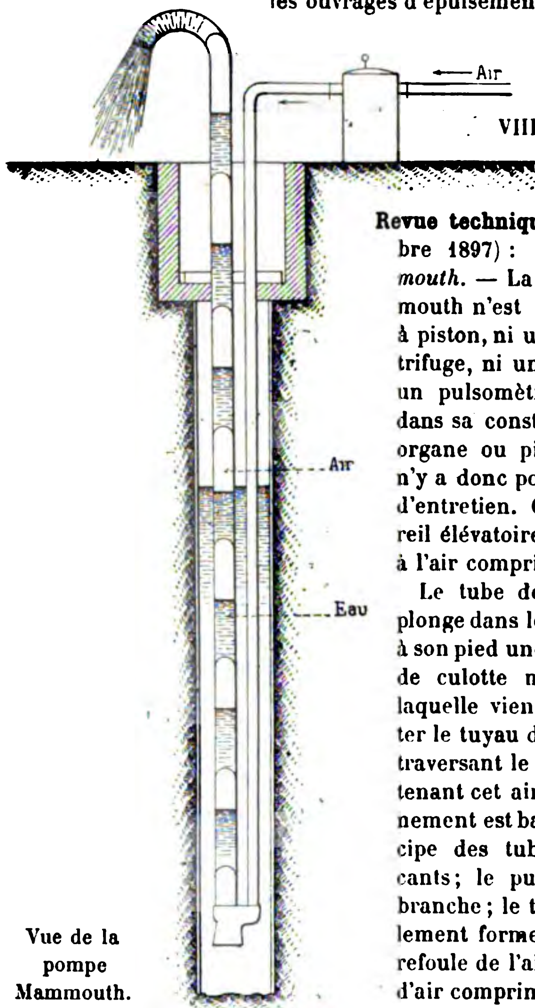
Génie civil (29 janvier 1898) : *Travaux d'épuisement du Delta du Niémen.* — Le Niémen, qui prend le nom de Memel près de son embouchure, forme, en se jetant dans le golfe de Courlande, un vaste delta bas et marécageux, compris entre les deux bras principaux du fleuve : le Russ, au nord, et la Gilge, au sud. Ces deux bras sont endigués de longue date, le premier sur sa rive gauche, et le second sur ses deux rives; mais ces deux digues ne mettent pas le delta à l'abri des inondations venant d'aval en temps de crue. La hauteur du delta au-dessus des eaux moyennes du fleuve est à peine de 2 mètres, alors que, pendant les désastreuses inondations de 1888 et 1889, les eaux se sont élevées à 3m,20. Les quelques hameaux de la contrée sont établis sur de légères bosses du terrain, à 5 ou 9 mètres au-dessus de la mer. Les communications ont lieu sur la glace en hiver, souvent en bateau. Au dégel, les habitants sont bloqués dans leurs habitations.

En 1892, on a adopté un projet de digue reliant les endiguements du Russ à ceux de la Gilge. La digue enferme 18.000 hectares. Elle a 30 kilomètres de longueur, en moyenne 2 mètres de hauteur, et 2m,10 d'épaisseur à la crête; elle est faite de sable et d'argile et repose sur un sol de sable relativement résistant. Neuf écluses ont été construites aux points où la digue recoupe les bras secondaires du fleuve compris entre les deux bras principaux.

Six stations d'épuisement ont été disposées aux points de croisement de la digue avec les bras les plus importants. Une

station centrale de production d'énergie électrique transmet cette énergie aux sous-stations, au moyen de câbles portés par des poteaux en bois. L'épuisement se fait au moyen de roues à augets. Les dépenses se sont élevées à 2.500.000 francs, dont 1.900.000 francs pour les digues, et 600.000 francs pour les ouvrages d'épuisement.

VIII. — MACHINES.



Vue de la pompe Mammouth.

Revue technique (10 décembre 1897) : *Pompes Mammouth.* — La pompe Mammouth n'est ni une pompe à piston, ni une pompe centrifuge, ni un injecteur, ni un pulsomètre. Il n'entre dans sa construction aucun organe ou pièce mobile. Il n'y a donc point d'usure ni d'entretien. C'est un appareil élévatoire fonctionnant à l'air comprimé.

Le tube de refoulement plonge dans le puits et porte à son pied une pièce de fond de culotte métallique sur laquelle vient aussi s'adapter le tuyau d'air comprimé traversant le réservoir contenant cet air. Le fonctionnement est basé sur le principe des tubes communicants; le puits forme une branche; le tube de refoulement forme l'autre. Si on refoule de l'air par le tuyau d'air comprimé, cet air, arrivé dans la culotte de jonc-

tion, s'élèvera sous forme de bulle dans le tube de refoulement, et, la colonne contenue dans ce tube se trouvant ainsi allégée, son niveau montera au-dessus de celui de l'eau dans le puits. En déterminant la formation d'une succession de bulles, on fait monter l'eau jusqu'à l'orifice, d'où elle s'écoule régulièrement. Le rendement est bien supérieur à celui des procédés ordinaires. Les applications sont nombreuses; on peut élever des acides, des huiles, du pétrole, de la pâte à papier, des résidus de sucrerie, des eaux d'égout, etc. Beaucoup de pompes de ce système fonctionnent déjà en divers pays. Il y en a deux à Paris, l'une dans les grands magasins du Louvre, l'autre dans les usines de la Compagnie Edison, qui débitent chacune 1.500 litres par minute.

F. D.

IX. — Électricité appliquée.

L'Éclairage électrique (1er janvier 1898) : A. Hess. — *Électro-chimie et électro-métallurgie.* — L'auteur passe rapidement en revue l'état actuel de diverses industries électro-métallurgiques et les procédés principaux déjà en usage dans ces industries ou nouvellement découverts et qui n'ont pas encore fait leurs preuves. En dehors de l'électrolyse proprement dite, l'électricité a été récemment appliquée au triage des minerais contenant des corps tant soit peu magnétiques, comme les oxydes de fer, de manganèse, etc. Ce procédé ingénieux rend possible une exploitation avantageuse des minerais très pauvres, jusqu'ici impossibles à traiter économiquement. L'auteur signale les progrès accomplis pendant ces dernières années dans les industries électrolytiques et donne une statistique complète de l'état actuel de l'industrie de l'aluminium, dont il résume dans un graphique la marche ascendante.

— 1er janvier 1898) : E.-F. Northrup et G.-W. Pierce. — *Mesures des résistances à l'étincelle de différentes huiles.* — C.-P. Steinmetz. — *Résistances des huiles à l'étincelle.* — Le premier article reproduit les tableaux des résultats obtenus par MM. Northrup et Pierce au cours d'expériences qu'ils ont entreprises dans le but de comparer la résistance à l'étincelle des huiles et de l'air. Les essais ont été faits avec l'huile « transil », l'huile spéciale pour moteur « Eldorado » et l'huile « Kérosène ». Les appareils employés ont été : une bobine de haute fréquence donnant une décharge continue à travers

254 millimètres d'air; une bobine de Ruhmkorff de 92 millimètres d'étincelle et la même bobine d'induction fonctionnant comme transformateur sur réseau à 100 volts et donnant 13 millimètres d'étincelle. Ces expériences montrent que l'huile « transil » et l'huile « Eldorado » ont une résistance à l'étincelle qui croît avec la distance moins vite que celle de l'air et peut lui devenir égale et même inférieure lorsqu'on les soumet à des différences de potentiel de faible fréquence. Pour la haute fréquence, au contraire, la résistance à l'étincelle est plus grande et croît beaucoup plus rapidement avec la distance dans l'huile que dans l'air.

M. Ch.-Pr. Steinmetz, commentant les résultats obtenus par MM. Northrup et Pierce, fait remarquer qu'on sait très bien que le rapport entre les distances explosives dans certaines huiles et dans l'air dépend de la source d'énergie, mais que cette dépendance n'a pas été étudiée jusqu'à présent d'une façon satisfaisante. Il attribue ce phénomène à la présence d'une grande hystérésis diélectrique dans ces corps. Il rappelle ses propres expériences sur le même sujet, expériences qui lui ont permis d'établir des formules donnant les distances explosives en fonction de la différence de potentiel dans différents milieux diélectriques; pour l'air la relation est parabolique; pour les autres milieux isolants elle est linéaire. Par conséquent, la distance explosive dans l'air croît avec la différence de potentiel plus vite que dans les huiles, ce qui contredit les résultats obtenus par les expérimentateurs cités plus haut. Il attribue la cause des résultats inacceptables de ces derniers à la présence de moisissures qui peuvent produire des acides, fait fréquemment observé dans les huiles lourdes.

L'Éclairage électrique (8 janvier 1898) : G. Pellissier et J. Reyval. — *Les progrès de l'industrie électrique en* 1897. — Cette revue de fin d'année résume, en plusieurs articles séparés, tous les faits saillants, les découvertes et les perfectionnements notables qui se sont produits dans le domaine scientifique ou industriel de l'électricité au cours de l'année 1897 : génération et distribution de l'énergie électrique; télégraphie et téléphonie; éclairage électrique; électro-chimie; traction électrique.

—— (15 janvier 1898) : G. Claude. — *La tarification de l'énergie électrique. — Tarif mobile, système C. E. L. Brown et Routin.* — Le besoin d'un système de tarification rationnelle de l'énergie électrique est aujourd'hui général, car la diversité, la confu-

sion et l'arbitraire des tarifs actuels constituent un des obstacles les plus importants à la généralisation de l'usage de l'énergie électrique. Divers systèmes ont été proposés récemment, entre autres par Hopkinson Wright et MM. Brown et Routin. C'est le système très bien étudié de ces deux derniers inventeurs qu'analyse dans son article M. G. Claude. Le principe fondamental de ce système est la variation du prix de l'énergie suivant les heures de la journée : prix plus élevé le soir que dans la journée. Pour réaliser automatiquement cette majoration de prix, MM. Brown et Routin proposent de faire avancer les compteurs plus vite le soir que dans la journée ; ils ont combiné un compteur spécial et un dispositif ingénieux qui permettent de faire varier simultanément et d'une façon très simple la vitesse de tous les compteurs du réseau.

L'Éclairage électrique (15 janvier 1898) : G. Richard. — *Applications mécaniques de l'électricité.* — Revue des principales applications de l'électricité dans tous les domaines de la mécanique : description de diverses machines-outils électriques et de dispositifs appliqués aux machines à vapeur : arrêts à distance, indicateurs de niveau, etc.

— (29 janvier 1898) : J. Reyval. — *Le chemin de fer électrique de l'Exposition de 1900. La plate-forme électrique à deux vitesses, système Blot, Guyenet et de Mocomble.* — Parmi les cinq projets de chemin de fer de l'Exposition de 1900, présentés au Commissariat général, celui de M. de Mocomble est particulièrement intéressant par son originalité et par les avantages qu'il paraît présenter au point de vue de la facilité d'accès et du nombre de voyageurs transportés. Le projet de M. de Mocomble comporte :

1° Un chemin de fer, à voie de 1 mètre, avec un rail central amenant le courant aux voitures, suivant en plan le tracé imposé ;

2° Une seconde voie constamment en viaduc et s'écartant en certains endroits du tracé imposé, qui serait desservie par une plate-forme roulante, plus perfectionnée que celle qui constituait une des attractions de l'Exposition de Chicago. L'ensemble serait formé de trois parties : un trottoir fixe donnant accès à une plate-forme marchant à la vitesse de 5 km : h., cette dernière donnant accès à son tour à une deuxième plate-forme animée d'une vitesse de 10 km : h. Dans le but de réduire les masses en mouvement, les moteurs seraient fixes et action-

neraient chacun un rail circulaire, entraînant la plate-for
par simple adhérence contre une poutre axiale. Deux rang
de galets, une de chaque côté de la plate-forme, mainti
draient cette dernière en équilibre dans le sens latéral. Po
rendre possibles les passages en courbe, la poutre axiale ser
formée de tronçons reliés par des articulations.

L'Éclairage électrique (29 janvier 1898). — P. Girault. — *Dyna
de* 600 *chevaux pour distribution à trois fils avec bobine égali
trice.* — Les avantages de la distribution à trois fils sont co
nus. Mais avec la méthode habituelle en usage dans la maje
partie des installations, il faut autant de dynamos que d
ponts; cette multiplicité des machines augmente le prix d
revient, diminue le rendement, et surtout complique la surve
lance et nécessite plus de soins. Il y a un réel intérêt à em
ployer des unités plus puissantes, pourvues de dispositifs q
leur permettent de desservir à la fois les deux ponts d'un
distribution à trois fils. Tel est le but de la méthode conn
imaginée par M. Dolivo-Dobrowolsky. M. Girault décrit un
dynamo octopolaire de 600 chevaux de ce système, constru
par la Compagnie de Fives-Lille et récemment installée à l
station Edison du faubourg Montmartre. Jusqu'à présent ce
génératrice a fonctionné, paraît-il, d'une façon irréprochabl

—— (5 février 1898) : Baylor, Rice et Parshall. — *La distri
tion à trois fils et les tramways électriques.* — Court résumé d'un
discussion récente à l'Institution of Electrical Engineers, a
sujet de l'application du système de distribution à trois fi
avec sous-stations compensatrices aux tramways et chemins d
fer métropolitains. L'expérience a été très défavorable au sy
tème à trois fils appliqué aux tramways. Partout où il a é
essayé pratiquement (comme à Portland, Bangor, Milwauke
Saint-Louis), on a dû l'abandonner par suite des difficult
presque insurmontables d'équilibrage des ponts et des pert
d'énergie considérables dans le fil « neutre ». D'après M. Par
hall, l'impossibilité d'équilibrer économiquement les ponts co
damne absolument le système à trois fils. A Portland, on
remplacé ce système par une transmission par courants poly
phasés à haute tension alimentant des sous-stations de trans
formation; les résultats obtenus ont été excellents, et ce sy
tème est adopté maintenant sur toutes les nouvelles lignes d
grande longueur.

Éclairage électrique (5 et 12 mars 1898) : C.-P. FELDMANN. — *Sur les facteurs d'économie des stations centrales.* — Cet article résume les idées de M. C.-P. Feldmann sur les facteurs qui interviennent dans le développement des usines centrales et de la consommation de l'énergie électrique. Cet ingénieur, après avoir montré les variations énormes du débit des stations centrales à différentes heures de la journée, préconise une série de mesures, entre autres une tarification plus rationnelle, destinées à vulgariser l'usage de l'électricité en élargissant sa clientèle dans la petite bourgeoisie pour le chauffage, l'éclairage et la force motrice ; on uniformisera ainsi la charge diurne de l'usine centrale et on en rendra l'exploitation plus économique.

— (12 mars 1898) : G. PELLISSIER. — *Chemins de fer et tramways électriques.* — Résumé, avec dessins, des perfectionnements intéressants et des inventions nouvelles concernant les systèmes de distribution de courant et le matériel des chemins de fer et des tramways électriques. Cette première série donne les descriptions : d'un système de station mixte, pour éclairage et traction, de MM. A.-B. Blackburne et W.-L. Spence ; d'un nouveau régulateur, de MM. Ed.-D. Priest et F.-A. Merrick (General Electric Co), actionné par l'air comprimé ; d'un nouveau truck, de Mac Elroy, destiné à remplacer les engrenages entre l'arbre du moteur et les essieux par des galets de friction montés sur l'arbre du moteur et frottant contre les bandages mêmes de roues ; de prises de courant à archet de la Compagnie l'Industrie électrique et de Siemens et Halske.

— (12 mars 1898) : J. REYVAL. — *Éclairage électrique de la place du Théâtre-Français.* — Le service municipal vient d'organiser le nouvel éclairage électrique de la place du Théâtre-Français. Quoique l'installation faite ne soit qu'une fraction du projet à l'étude, néanmoins elle constitue déjà une amélioration de l'éclairage de cette place qui paraissait sombre à côté de l'avenue de l'Opéra. Le courant alternatif est fourni, comme pour l'éclairage de l'avenue de l'Opéra, par l'usine municipale des Halles, sous 2.400 volts, avec une fréquence de 88 périodes. Un transformateur Labour, installé sous un terre-plein, abaisse la tension à 110 volts. Sur le circuit secondaire sont branchées deux à deux des lampes à arc Kremenetzky, qui absorbent, sous 33 volts aux bornes de la lampe (chiffre un peu bas pour un bon rendement), 14,5 ampères. La courbe de répartition de l'intensité lumineuse ne diffère pas beaucoup, grâce à la présence d'un réflecteur, de celle d'un arc à courant continu.

L'intensité moyenne sphérique est de 238 bougies décimales ; si on la compare à l'intensité maxima, qui est de 580 bougies, on voit que le rapport de deux est de 0,394, valeur peu différente de 0,35, admis pour l'arc à courant continu. L'intensité moyenne hémisphérique inférieure est de 450 bougies, ce qui donne un flux utile de 2.800 lumens.

L'Industrie électrique (10 janvier 1898) : J. Laffargue. — *La station centrale municipale d'électricité de Düsseldorf.* — Cet article reproduit les statistiques très détaillées publiées par l'usine centrale de Düsseldorf pour l'exercice du 1[er] avril 1896 au 31 mars 1897. Cette installation est un exemple de transport d'énergie pour l'éclairage et la force motrice, sous une tension relativement basse, à une distance assez considérable. L'usine centrale alimente trois sous-stations d'accumulateurs en quantité, à 3 kilomètres, sous 290 volts, par canalisation à deux fils, avec une perte dans les feeders de 15,86 0/0 de l'énergie totale. La distribution secondaire se fait à trois fils ; les pertes dans les accumulateurs, dont le rendement moyen atteint 75,45 0/0, représentent 10,5 0/0, ce qui ne semble pas exagéré. Malgré les pertes considérables dans les feeders, les bénéfices réalisés ont été fort beaux.

—— (25 janvier 1898) : M. K. Wilkens. — *Détermination de l'isolement des installations à courant alternatif.* — Chaque nouveau branchement d'abonné doit être essayé au point de vue de l'isolement. En Allemagne, le minimum de résistance d'isolement est $\frac{1.000.000}{n}$ ohms, en appelant n le nombre de lampes ou l'équivalent en lampes de l'installation. Les essais doivent se faire sous la tension d'alimentation. Dans le cas du courant continu l'emploi du voltmètre à grande résistance, comme celui de Weston, rend ces mesures faciles et précises. Il n'en est pas de même pour le courant alternatif, car la résistance relativement faible et le peu de sensibilité des voltmètres pour courant alternatif ne permettent pas de mesurer les résistances de plusieurs centaines d'ohms. M. K. Wilkens a proposé l'emploi du pont de Wheatstone avec un téléphone à la place du galvanomètre. Avec 120 volts et une fréquence de 50 périodes, le téléphone reste insensible ; mais, si on intercale une bobine d'induction, on obtient une sensibilité suffisante. Cette méthode, appliquée aux mesures d'isolement des lignes télégra-

phiques, a donné des résultats satisfaisants, mais dans les installations urbaines les bruits de la rue empêchent toute certitude. L'Allgemeine Electricitäts Gesellschaft de Berlin a étudié un voltmètre spécial pour courant alternatif qui contient un circuit inducteur, branché en dérivation sur la ligne de distribution, et parcouru par un courant assez fort. Le champ intense ainsi obtenu augmente la sensibilité de l'appareil et le rend utilisable pour les mesures d'isolement des canalisations à courant alternatif dans les mêmes conditions que pour les canalisations à courant continu.

L'Industrie électrique (25 janvier 1898) : *Modèle perfectionné de la pile à oxyde de cuivre système de Lalande.* — Description du nouveau modèle de l'élément Lalande, qui ne diffère des anciens que par la forme et la disposition des différentes parties de l'élément. Les modifications apportées ajoutent aux qualités de constance et de fort débit sans polarisation que possédait déjà l'élément, celles de sécurité et de facilité de maniement.

— (25 février 1898) : Ch.-Ed. Guillaume. — *La loi de l'émission des radiations.* — MM. Lummer et Pringsheim ont exécuté récemment des expériences sur l'émission des radiations dans les conditions suivantes : la source rayonnante était la surface intérieure noircie d'une enceinte fermée, percée d'un trou ; l'instrument de mesure était un bolomètre à large surface. Les mesures ont été faites sous des températures variant de 100° à 1.300°. Les résultats obtenus cadrent parfaitement, surtout si l'on tient compte des difficultés des expériences, avec la loi de Stéfan (qui a été énoncée tout d'abord par son auteur comme une simple formule empirique applicable dans de faibles limites de température), c'est-à-dire que « *l'émission totale des radiations est proportionnelle à la quatrième puissance de la température absolue* ». Les plus grands écarts deviennent sensiblement nuls si l'on substitue à l'exposant 4 l'exposant 3,96.

— (25 février 1898) : Fischer-Hinnen. — *Quelques observations sur les méthodes employées pour éviter les étincelles aux collecteurs des dynamos.* — Cet article intéressant s'attache à montrer l'importance pratique de certains artifices préconisés pour annuler les étincelles aux balais des dynamos. C'est une erreur de croire que l'enroulement compensateur, dit de Ryan, formé de quelques spires placées dans des trous pratiqués dans les pièces polaires, annule la réaction de l'induit. En réalité, l'effet de cet enroulement se réduit à la production, au voisinage de

la ligne neutre, d'un champ auxiliaire assez intense pour que la commutation du courant dans chaque section ait lieu pendant sa mise en court-circuit. Les petits pôles supplémentaires placés à la ligne neutre, suivant la disposition proposée par M. Swinburne, et les pôles supplémentaires sans enroulement dans certains types de machines jouent exactement le même rôle. M. C.-E.-L. Brown a breveté, en 1896, un nouvel, enroulement dans lequel, entre chaque paire de lames, se trouvent intercalées deux sections en série, dont l'une est décalée d'un certain angle en avant et fournit la force électromotrice nécessaire à la commutation du courant sans étincelles. L'auteur termine son article par la description d'un nouvel enroulement d'induit pour moteurs à courant alternatif, à inducteurs série ou shunt, dont la self-induction doit être aussi faible que possible.

L'Industrie électrique (25 février 1898) : *Nouveau groupe électrogène à grande vitesse.* — Cet article est consacré à la description d'une nouvelle machine à vapeur verticale, à grande vitesse, accouplée directement à une dynamo ; ce groupe est connu sous le nom de dynamo à vapeur Mertz-Brown et construit par les ateliers Mertz à Bâle. Le modèle décrit a été installé à bord du vapeur *Jungfrau*, sur le lac de Brienz. Ce groupe fournit 9 chevaux à 520 tours par minute et a un poids total de 1.740 kilogrammes. Les dimensions d'encombrement sont : longueur totale, environ 2 mètres ; hauteur de la machine à vapeur, 1 mètre ; hauteur de la dynamo, $0^m,60$; largeurs respectives $0^m,80$ et $0^m,60$. Les pièces principales en mouvement de la machine à vapeur sont invisibles ; les manivelles et les têtes de bielles travaillent dans un bain d'huile qui assure leur lubrification d'une façon continue ; le graissage des cylindres et autres organes s'opère à l'aide d'une pompe à huile actionnée par la machine elle-même. Ce groupe paraît donner de très bons résultats, et le même constructeur aurait déjà mis en construction plusieurs autres ensembles de 100 et 200 chevaux.

A. B.

Revue du Génie militaire (août 1897) : Piérart. — *Installations électriques des quartiers de Lure et d'Héricourt.* — Les foyers lumineux du quartier Lasalle à Lure consistent en lampes à incandescence de 8, 16 ou 20 bougies, employées comme il suit : 3 lampes de 20 bougies dans le mess des sous-officiers et 2 der-

rière le cadran de l'horloge, 10 lampes de 16 bougies dans les cours, et 3 à l'usine électrique.

Partout ailleurs des lampes de 8 bougies, savoir : 44 lampes pour manège, 2 par chambre de 24 hommes, 1 par chambre de 5 à 11 hommes, 1 par chambre de sous-officier, 1 pour deux travées d'écurie.

Un moteur de 25 chevaux actionne une dynamo du système Gramme, pouvant donner 135 ampères sous 120 volts, laquelle alimente les lampes du réseau ou charge une batterie d'accumulateurs de 63 éléments Tudor pesant chacun 45 kilogrammes, qui permet d'éviter le service de nuit des machines.

Des dispositions analogues ont été adoptées pour le quartier d'Héricourt.

Les dépenses d'établissement se sont élevées :

Pour le quartier de Lure à..................	53.365 fr.
Pour le quartier d'Héricourt à................	50.752 fr.

Les dépenses d'exploitation ont été, pour le quartier de Lure, d'environ 6.000 francs par année de 1892 à 1896, ce qui donne par lampe-heure de 8 bougies environ 0 fr. 011.

A Héricourt, le prix de la lampe-heure atteint 0 fr. 017 en chiffre rond.

Le service est assuré par des hommes des régiments faisant office d'électriciens ou de chauffeurs-mécaniciens.

X. — Architecture.

La Construction moderne (13 et 20 novembre et 4 décembre 1897) : E. Rivoalen. — *Hôpital d'Aurillac* (*Cantal*). — Sur un vaste emplacement de forme irrégulière, avoisinant la ville d'Aurillac, ont été disposés par M. Lucien Magne, architecte, les bâtiments d'un *Hôpital-Hospice*, où sont admis et soignés ou hospitalisés, à titre définitif, des malades ou des blessés civils, des vieillards des deux sexes, des malades ou des blessés militaires, des enfants malades ou en bas âge et, enfin, des aliénés. Ces différents services sont séparés ainsi qu'il convient, les services communs, cuisine, boulangerie, magasins, etc., étant au centre. En construisant d'une manière économique et rustique, mais tout de même monumentale par le caractère de solidité et de grave simplicité imprimé à tous les bâtiments, l'architecte a réduit à 1.400 francs la dépense moyenne par lit.

XI. — ADMINISTRATION. — LÉGISLATION.

Revue politique et parlementaire (février 1898) : C. COLSON. — *Revue des questions de transport. — Le commerce maritime, la marine marchande et les chantiers de construction.* — L'auteur examine particulièrement le mouvement des navires dans les ports maritimes et la question de la marine marchande et des primes à la construction et à la navigation. En définitive, notre marine marchande coûte au pays, en subventions, environ 40 millions par an. Cependant elle périclite, et les raisons qu'on en donne ne paraissent pas décisives. Sans doute, son relèvement serait affaire de mœurs plus que de lois.

XII. — DIVERS.

Le Génie civil (8 janvier 1898) : *Emploi des machines à peindre dans les ateliers de chemins de fer américains.* — L'emploi des machines à peindre, fonctionnant à l'air comprimé, commence à se répandre en Amérique, dans les ateliers de construction de matériel de chemins de fer. On peut compter sur une économie d'au moins 50 0/0 par rapport à la peinture à la main.

Revue du Génie militaire (juillet 1897) : TAILLADE. — *Note sur l'organisation du terrain et des tribunes dans les grandes revues.* — L'auteur décrit les travaux exécutés pour les revues de Mirecourt en 1895 et du camp de Châlons en 1896.

Revue industrielle (15 janvier 1898) : *La marée utilisée comme force motrice.* — Un intéressant essai d'utilisation de la marée comme force motrice vient d'être fait dans le petit port de Ploumanach (Côtes-du-Nord). Un étang de 1 hectare et demi de superficie est fermé du côté de la mer par une ancienne chaussée de 120 mètres de longueur et de 8 mètres de hauteur. Au pied de la digue sont des clapets qui s'ouvrent quand la mer monte et se ferment quand la mer descend. La chute actionne des roues hydrauliques auxquelles l'eau est amenée par des conduits. On emploie cette force motrice à faire de la glace au moyen d'une machine Pictet à anhydride sulfureux

liquéfié, et cette glace sert à l'expédition du poisson provenant de l'étang, lequel sert de réserve de pêche. Les côtes de Bretagne se prêteraient à de nombreuses applications d'un tel système.

Revue industrielle (12 février 1898) : *Ascenseur électrique à frein hydraulique. Système Guyenet et de Mocomble.* — Dans les premiers ascenseurs construits par M. Edoux, l'eau de la ville de Paris poussait l'ascenseur à la montée et servait à la descente de frein modérateur. Le frein fonctionnait à chaque manœuvre.

L'augmentation du prix de l'eau a conduit à employer d'autres systèmes : ascenseurs hydrauliques avec accumulateur spécial et pompes, ascenseurs hydrauliques sans puits, ascenseurs hydro-électriques, aéro-électriques, aéro-hydro-électriques. Tous ces appareils laissent à désirer comme sécurité, un parachute mécanique intermittent n'offrant pas, à beaucoup près, les mêmes garanties qu'un piston appuyé sur de l'eau dont la vitesse d'écoulement est réglée.

Dans l'ascenseur électrique à frein hydraulique, la cabine est élevée par un treuil électrique. Elle entraîne une longue tige en tube d'acier formant piston dans un autre tube un peu plus large. Un réservoir d'eau, en communication avec ce dernier, le remplit à la montée ; et cette eau refoulée dans le réservoir à la descente constitue le frein hydraulique, pareil à celui du système Edoux, dont le fonctionnement offre toute sécurité.

F. D.

PÉRIODIQUES ALLEMANDS.

I. — Sciences appliquées.

Oesterreichische Monatschrift für den öffentlichen Baudienst (juillet 1897) : J. Melan. — *Les poutres courbes à faible poussée horizontale.* — Recherches analytiques sur les moyens de diminuer la poussée horizontale des poutres métalliques s'appuyant sur deux culées.

L'auteur examine l'emploi des poutres à trois articulations, dont deux aux naissances, et une à la clef, et conclut à la possi-

bilité de diminuer la poussée horizontale, en prolonge poutre sur les deux culées, au-delà des points d'appui, pa sortes de consoles, chargées d'un poids mort. L'auteur don calculs et les tableaux graphiques qui conduisent à ce rés

Oesterreichische Monatschrift für den öffentlichen Bau (août 1897) : Alfred Birk. — *La construction des race ments courbes pour voies de chemins de fer.* — Étude analyt sur les raccordements des alignements droits et des cou dans les chemins de fer. L'auteur rappelle les études a rieures de Pressel en 1854, de l'ingénieur français Chavès 1865, celles de Nordling, insérées aux *Annales des Ponts Chaussées* et celles de Sarrazin et Oberbeck. Plus récemm M. Max Edler de Leber, conseiller du Ministère des Chemins fer, a fait une étude théorique approfondie de la question raccordements courbes, qu'il a présentée à la quatrième s sion du Congrès international des Chemins de fer, et d laquelle il établit que la meilleure solution de cette ques réside dans l'emploi de la lemniscate de Bernouilli ; M. de Le conseille cependant l'adoption de la parabole cubique, qui plus généralement connue et qui constitue une solution s samment exacte.

Aux travaux de M. Max de Leber se rattache aussi une ét de l'ingénieur français P. Adam, aux *Annales des Ponts et Ch sées*, sur l'emploi de la lemniscate de Bernouilli.

L'auteur du présent article conclut de ses calculs que la co truction des raccordements courbes par l'emploi de la lemn cate ne donnera lieu à aucune difficulté, notamment pour courbes de petit rayon, où son adoption fournira une soluti théoriquement juste et pratiquement satisfaisante.

Zeitschrift für Architektur und Ingenieur wesen (1897, 4e fas cule) : A. Zschetzsche. — *Le calcul des poutres de pont s l'action des forces latérales.* — L'auteur fait remarquer que théorie des poutres de pont se borne habituellement à exa ner le cas où les forces agissent dans le plan des tirants et q le cas où ces forces sont latérales, malgré son importance, n' guère donné lieu qu'à une communication de M. Winckler dans *l'Ingénieur civil* de 1884. Il expose en grand détail le recherches analytiques auxquelles il s'est livré sur cette question. Son étude se divise en deux parties : la première q

traite des poutres courbes avec tirants verticaux ; et la seconde, des poutres courbes avec tirants obliques.

Dans chacune de ces parties il examine successivement le cas de la courbe sans articulation et celui de la courbe à deux et trois articulations.

Zeitschrift für Architektur und Ingenieur wesen (1897, 8e fascicule) : Bruno Schulz. — *Contribution à la théorie de la poussée des terres.* — L'auteur donne les calculs d'une nouvelle théorie de la poussée des terres, dans laquelle il s'appuie sur la théorie de Rankine, convenablement étendue dans ce but. Il examine successivement les divers cas qui peuvent se produire lorsque des terres sont soutenues par un mur dont la paroi intérieure est verticale, ou inclinée vers l'intérieur, ou inclinée vers l'extérieur, ou formée d'une ligne brisée ou d'une ligne courbe. En appliquant sa théorie à un exemple, celui d'un mur à paroi intérieure verticale, ayant 5 mètres de hauteur et 1m,60 de largeur à la base, le talus des terres étant 0,7 et le poids du mètre cube de terre de 1.600 kilogrammes, il trouve que, d'après la théorie ordinaire, le moment de la poussée au milieu de la base est de 8,16, tandis que, d'après sa théorie, il serait de 9,03.

Zeitschrift des Oesterr. Ingenieur und Architekten-Vereines (no 40, 1er octobre 1897) : L. Gensen. — *Contribution au calcul des poutres courbes à deux articulations, sous l'action des forces horizontales et obliques.* — Étude analytique de cette question, appliquée à une poutre courbe articulée à ses deux points d'appui et formée de deux plates-bandes réunies par un treillis.

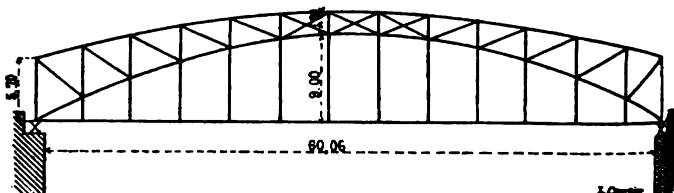
II. — Matériaux et Procédés généraux de construction.

Zeitschrift des Oesterr. Ingenieur und Architekten-Vereines (no 36, 3 septembre 1897) : Carl Kinzer. — *Exécution d'un tunnel pour le Nassbach au moyen d'un perforateur électrique (système Siemens et Halske).* — En un point de la vallée du Nass dans la Basse-Autriche, les deux parois calcaires de la vallée sont tellement rapprochées que, pour y faire passer une route conduisant à Vienne, on a dû prendre le parti de creuser un tunnel de 60 mètres de longueur destiné à écouler les eaux du ruisseau de Nass. Ce tunnel a été exécuté au moyen d'un perfo-

rateur électrique. La force motrice était fournie par une ch d'eau de $4^{m},50$, donnant un travail maximum disponible 10 chevaux-vapeur. Une dynamo, tournant à 1.200 tours minute, donnait un courant de 240 volts, transmettant la fo au chantier, à une distance de 1.200 mètres environ. Deux o perforateurs y étaient installés pour percer le front d'attaque tunnel; le surplus du profil était exécuté au moyen de 24 mi Dans le calcaire dolomitique des Alpes, où se trouve le tunn un trou de 8 centimètres de profondeur était percé en u minute sur une largeur de 45 millimètres.

III. — Routes. — Ponts et Viaducs.

Allgemeine Bauzeitung (1897, 4e fascicule) : Ludwig Walbaum. — *Le pont-route de Leoben sur la Mur.* — Cet ouvrage remplace u vieux pont en bois de $64^{m},20$ de longueur en six travées, d'ou vertures variant entre $9^{m},30$ et $12^{m},10$. Il relie la ville de Leob au faubourg de Waasen. Il est formé d'une seule travée méta lique de $60^{m},06$ d'ouverture entre culées. Comme le montre l figure schématique ci-jointe, cette travée est constituée par u poutre principale courbe et par une seconde poutre-tira



destinée à recevoir et à transmettre la poussée horizontale. Le tablier du pont est formé de fers Zorès, sur lesquels le platelage en bois repose par l'intermédiaire d'une fondation en béton. La rampe de la route, de la rive droite à la rive gauche, est de 1 0/0.

La détermination du profil des fers Zorès et des longerons a été faite en admettant le passage d'une voiture avec essieu chargé de 10 tonnes; pour les poutres transversales on a supposé une charge de deux voitures de 12 tonnes passant ensemble, et le reste du pont couvert de piétons.

Le poids total de la partie métallique est de 237 tonnes. Le

profil en travers de l'ouvrage présente une voie charretière de 5m,70 comprise entre les poutres principales, avec deux trottoirs en encorbellement de 2m,15 de largeur.

Le métal employé pour la construction de la travée métallique offrait, d'après les expériences qui ont été faites, une résistance de 4.870 kilogrammes par centimètre carré, avec un allongement de 32,6 0/0.

Les travaux, exécutés en 1894 et 1895, ont coûté une somme totale de 200.000 francs.

L'article, accompagné de trois planches d'atlas, donne tous les détails de la construction.

Oesterreichische Monatschrift für der öffentlichen Baudienst (avril 1897) : R. Brauer et A. Micheluzzi. — *Statistique des ponts-routes en métal construits dans le Tyrol et le Vorarlberg, depuis* 1879. — Ces ponts sont au nombre de 51 ; leur ouverture totale varie depuis 2m,80 jusqu'à 89m,70. L'article donne, sous forme de tableau, tous les renseignements relatifs à leur système de construction, à la nature et aux dimensions de la voie qu'ils supportent, au poids de l'ossature métallique, au prix de revient par 100 kilogrammes et pour la construction entière. Le prix par 100 kilogrammes varie de 17 à 30 francs, avec une moyenne de 24 à 25 francs.

Zeitschrift für Architektur und Ingenieurwesen 1897, 7e fascicule : M. Foerster. — *Les nouveaux ponts mouvants de l'étranger et en particulier des États-Unis d'Amérique.* — L'article donne, avec de nombreuses figures dans le texte et d'après l'*Engineering*, le *Scientific American*, le *Génie Civil* et les *Annales des Ponts et Chaussées*, la description de divers ponts tournants ou levants construits dans ces dernières années, tels que le pont tournant de New-York sur la rivière de Harlem, le pont tournant de la 3e Avenue dans la même ville, le pont tournant sur le Mississipi entre Rock-Island et Davensport, le pont tournant entre Dieppe et le Pollet, le pont levant pour chemins de fer à Rutherford sur la ligne de l'Erié, etc. ; il donne aussi la description du transbordeur établi à Portugalete sur la côte nord de la péninsule espagnole (largeur de la passe, 160 mètres ; hauteur du pont suspendu au-dessus des hautes eaux, 45 mètres,

et rappelle qu'un autre appareil du même système est truction à Bizerte (largeur de la passe, 97 mètres; hau au-dessus des hautes eaux, 45 mètres). La durée de la doit être de trois minutes ; le mouvement du transbo produit par un câble et un treuil à vapeur.

Zeitschrift für Bauwesen (1897, fascicules 10 à 12) : Ru *Le pont-levis en fer dans une rue de Königsberg*). — A la fin tomne de 1896 a été livré à la circulation un nouveau pon lique établi dans une rue de la ville de Königsberg sur le Pregel, l'un des bras du fleuve qui traverse cette ville. franchit la rivière en une seule ouverture. La largeur lib le passage des bateaux est de 22m,50, entre les paro rieures des culées ; elle est de 24m,10 à la hauteur du niv eaux moyennes. La distance entre les axes de rotation de parties du pont est de 28m,30. La largeur de l'ouvrage 12m,50, dont 7m,50 pour la voie charretière, et 2m,50 pour c des deux trottoirs (Voy. la *fig.* ci-jointe, page 368 *bis*). Le connu de Rotterdam sur le port de Feyenoord mesure ment 27m,50 entre les axes de rotation ; le nouveau pont Tour de Londres a environ 60 mètres.

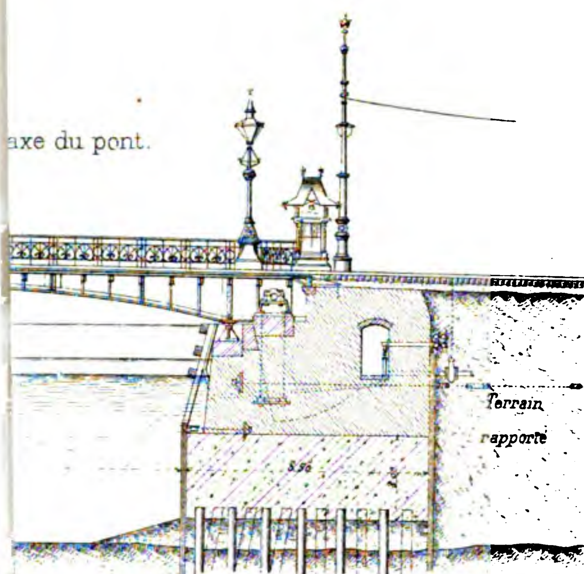
Le poids de chacune des volées du pont s'élève à 78 to non compris le contrepoids, et à 208 tonnes y compris co trepoids ; ce dernier forme 62,5 0/0 du poids total. La manœ d'ouverture et de fermeture de l'ouvrage s'effectue au m de l'eau sous pression ; elle peut également se faire à la m Dans le premier cas, la durée de l'ouverture est d'env vingt-cinq secondes, et celle de la fermeture de trente- secondes ; dans le second cas, chaque opération exige minutes.

L'article, accompagné de deux planches d'atlas, donne les détails de l'ouvrage et des machines.

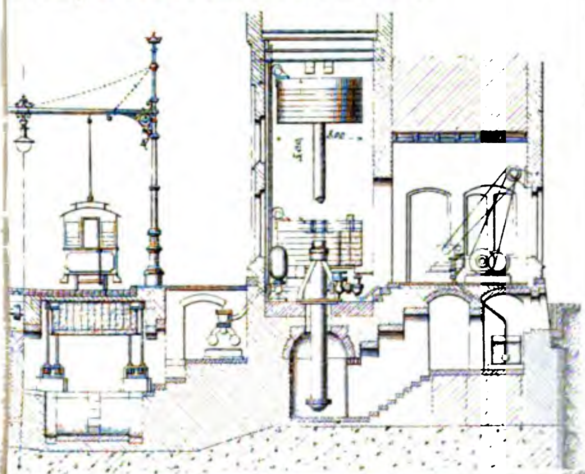
Les dépenses de construction du pont se sont élevées 481.250 francs, et celles des machines à 93.750 francs. Les t vaux de rives et les rampes d'accès ont coûté 50.000 francs. dépense totale est donc de 625.000 francs en nombre rond.

Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur und Architekten Vereines (n° 9, 26 février 1897) : M. Paul. — *Le pont François Joseph à Budapest*. — Cet ouvrage, établi à la suite d'un co

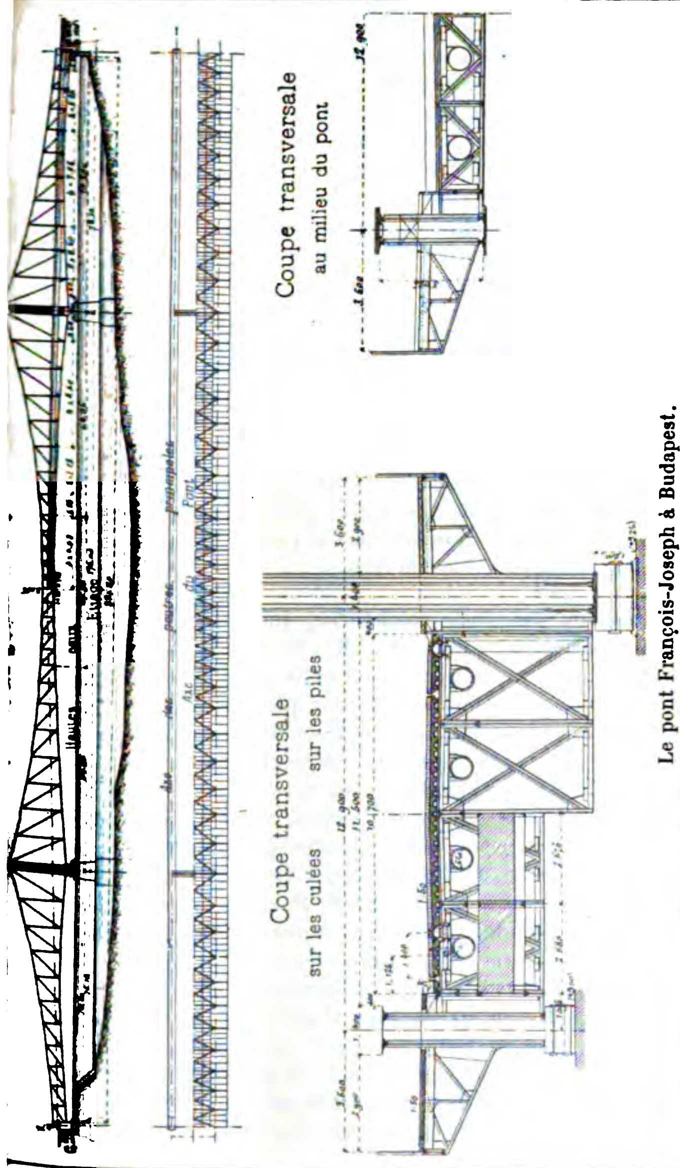
axe du pont.



d'une pile et du bâtiment des machines.



Auto-Imp L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris



Le pont François-Joseph à Budapest.

cours international ouvert en 1894, et dans lequel soixante-quatorze projets ont été présentés, est constitué par trois travées dont les poutres sont en forme de console (voy. les dessins ci-contre). Leur longueur totale est de 331m,20, dont 175 mètres d'axe en axe des piles pour l'ouverture du milieu et 78m,10 pour chacune des deux travées latérales.

La largeur de l'ouvrage, y compris les deux trottoirs en encorbellement, est de 20m,10, dont 11m,50 pour la voie charretière, 2m,80 pour la largeur occupée par les deux poutres principales, et 2m,90 pour chacun des deux trottoirs.

La voie charretière monte depuis les rives jusqu'au milieu du pont par une rampe de 25 0/00 ; la hauteur libre au milieu de l'ouvrage au-dessus de l'étiage est de 17m,20, tandis qu'elle n'est que de 13m,40 aux deux extrémités.

L'article donne tous les détails sur les dimensions des diverses parties de l'ouvrage, ainsi que sur sa construction. Les travaux, commencés en septembre 1894, ont été terminés en 1896, et les épreuves de l'ouvrage ont eu lieu le 26 septembre 1896; la surcharge d'épreuve par mètre carré de tablier était de 450 kilogrammes. Les dépenses totales de l'ouvrage se sont élevées à 4.746.000 francs.

Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur und Architekten-Vereines (n° 23, 4 juin 1897) : MAX RITTER VON THULLIE. — *Les ponts en bois à treillis en Galicie.* — Tandis qu'en France, en Allemagne et en Autriche on ne construit que bien rarement des ponts en bois, et toujours dans le système Howe, on trouve en Galicie, région riche en forêts, un emploi très fréquent des ponts en bois et très peu de ponts-routes en fer. Ces ponts en bois sont de divers systèmes à treillis, au sujet desquels l'article donne quelques détails, appuyés de vues photographiques et d'une planche de dessins. Les principaux systèmes employés pour ces ponts sont: le système *Ibjanski*, formé de deux charpentes en double treillis avec plates-bandes supérieure et inférieure constituées par quatre poutres ; le système *Pintowski*, dans lequel le treillis est également double et isocèle, mais sans contreventement supérieur ; le système *Rychter*, plus récent, avec un treillis simple et des verticales. Ces deux derniers systèmes sont préférables au premier. Le dernier est le moins connu. Il existe un pont du second système de 25 mètres d'ouverture, construit, en 1890, sur la Strypa à Buczacr et qui se comporte fort bien.

On connaît quinze ponts du système Ibjanski, le premier établi sur le Dunajec près de Golcswice, avec quatre travées de 36 mètres, et le plus important, construit sur le San à Jaroslau, en 1885, avec deux travées de 44 mètres.

Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur und Architekten-Vereines (nos 26 et 27, 25 juin et 2 juillet 1897) : Carl Stöckl. — *Le pont métallique sur la rue Döblinger pour le passage du métropolitain de Vienne.* — Ce pont établi pour deux voies, dans une courbe de 150 mètres de rayon, et en pente de 12 millimètres, se compose d'une seule travée d'une ouverture de $33^m,48$. L'article, accompagné de deux planches d'atlas, donne les détails des calculs d'établissement de l'ouvrage, qui se compose essentiellement d'arcs en fer de $4^m,685$ de hauteur de flèche, sur lesquels le poids de la superstructure est reporté au moyen de verticales également en fer. Le poids total de l'ouvrage est de 111.065 kilogrammes, soit 3.317 kilogrammes par mètre courant du pont. Le travail maximum des fers est de $7^{kg},96$ par millimètre carré.

— (N° 44, 29 octobre 1897) : Robert v. Totth. — *Le nouveau pont sur la Theiss à Tokaj.* — Vers la fin de l'année 1894, fut ouvert par le Ministère hongrois un concours en vue de la construction d'un pont-route sur la Theiss à Tokaj. L'article, accompagné de figures



Le pont sur la Theiss à Tokaj.

dans le texte et d'une grande planche d'atlas, est consacrée à la description de l'ouvrage exécuté à la suite de ce concours.

L'ouvrage comporte trois travées, deux travées de rive de $51^m,70$ d'ouverture chacune, et une travée centrale, de $107^m,60$. La longueur totale du pont est ainsi de 210 mètres entre les parements des culées.

Le système de construction de l'ouvrage consiste, comme on le voit sur la *fig.* ci-contre, en deux grandes poutres-balances de $90^m,30$ de longueur environ, qui forment les travées de rive et s'appuient sur les piles pour constituer une partie de la travée centrale, et en une poutre droite de $30^m,40$ de longueur, réunissant les deux précédentes. Le fléau des balances est formé par un pylone métallique de 15 mètres de hauteur, reposant sur la maçonnerie de la pile, par l'intermédiaire de supports en fonte de $1^m,40$ de largeur. Les verticales qui soutiennent les poutres principales de chaque côté du fléau sont des poutres en treillis, de même que la poutre polygonale avec laquelle elles sont assemblées à leur partie supérieure.

Les piles, dont les fondations sont descendues à une grande profondeur ($10^m,67$ et $17^m,60$ au-dessous de l'étiage), ont été fondées à l'air comprimé. Les fondations, commencées en juillet 1895, ont été terminées en février 1896 ; la maçonnerie des piles et culées a été terminée en mars 1896.

La partie métallique de l'ouvrage est en acier Martin et pèse environ 700 tonnes. Le montage a été fait à l'automne de 1896 et les épreuves le 19 novembre de la même année.

IV. — Navigation intérieure.

Allgemeine Bauzeitung (1897, 4e fascicule) : Arthur Herbst. — *Le nouveau port du roi Albert sur l'Elbe, près de Dresde.* — L'article, accompagné de deux planches d'atlas, donne de nouveaux détails sur la construction de cet ouvrage, dont un compte rendu a déjà été publié, d'après le *Zeitschrift für Architektur und Ingenieur wesen* (Voy. 1er trimestre de 1897 des *Annales des Ponts et Chaussées*, p. 345). D'après les renseignements plus récents contenus dans cet article, les dépenses totales se sont élevées, en nombre rond, à 8.875.000 francs, inférieures de 375.000 francs environ aux prévisions. Dans ce total les travaux de terrassements et de murs de quai sont compris pour 6 millions de francs ; le surplus s'applique aux installations de voies de la gare de Friedrichstadt, qui est reliée avec le port.

Allgemeine Bauzeitung (1897, 4e fascicule) : MRASICK. — *Canalisation de la Moldau et de l'Elbe.* — L'article, accompagné de deux grandes planches d'atlas, est consacré au bief n° 2, près de Klecan sur la Moldau. Il s'agit d'un projet, qui comporte l'établissement d'un barrage avec passe navigable et échelle à poissons, l'ouverture d'un canal dans le lit du fleuve sur sa rive gauche, en dehors du lit des basses eaux, et la construction à l'extrémité de ce canal d'une écluse composée de deux parties, savoir : l'écluse proprement dite de 93m,50 de longueur et de 11m,20 de largeur entre bajoyers verticaux, et, à la suite, une seconde écluse de 147 mètres de longueur comprise entre des talus inclinés et revêtus en maçonnerie laissant entre eux une largeur de 20 mètres au pied. L'ensemble de ces ouvrages occupe une longueur d'environ 1.500 mètres, depuis l'ouverture du canal, en amont du barrage, jusqu'à l'extrémité aval du canal à la sortie des écluses.

Le barrage comprend trois ouvertures principales de 38m,90 et de 40m,15 de largeur comprises entre deux piles de 3m,70 et de 4 mètres d'épaisseur ; l'échelle à poissons a une largeur de 12 mètres. La hauteur de retenue du barrage (différence entre les eaux normales d'amont et d'aval) est de 2m,70. Le système employé est celui des aiguilles soutenues par des fermettes.

Le canal d'amenée à l'écluse a une largeur au plafond de 20 mètres et une profondeur d'eau de 2m,10.

L'installation est complétée par un bâtiment destiné au personnel de l'écluse et du barrage, situé sur la rive gauche en face de l'écluse.

Oesterreichische Monatschrift für den öffentlichen Baudienst (mai 1897) : PHILIPP KRAFT. — *La régularisation du Rhin.* — Depuis fort longtemps il était question de régulariser le cours du Rhin dans la région du Vorarlberg, aux abords de son embouchure dans le lac de Constance.

L'opération vient d'être officiellement décidée par une « Convention d'État », qui en a arrêté les bases, sans entrer dans l'examen des projets de détail. Elle comprendra le redressement d'une branche du fleuve qui se trouve en face d'Altstätten, près de Diepoldsau, le raccourcissement et le redressement de la branche du fleuve qui passe à Rheineck, enfin l'ouverture d'une deuxième embouchure dans le lac ; cette deuxième embouchure partira de Haag pour aboutir près de Fussach.

Les travaux devront être conduits de manière que la br de Fussach soit exécutée en six années au maximum, q branche de Diepoldsau puisse être ouverte au printemps onzième année, enfin que la totalité des travaux de régul tion soient terminés en quatorze ans.

La dépense des travaux est évaluée à 16.560.000 francs.

Oesterreichische Monatschrift für den öffentlichen Baudi (août 1897) : ARTHUR HERBST. — *Le port de commerce et d'h sur l'Elbe à Riesa.* — Compte rendu, avec une planche d'a des dispositions de ce port projeté sur la rive gauche de l' avec une longueur de 650 mètres et une largeur moyenn 60 mètres ; à son extrémité ouest, du côté opposé à l'entré rivière, la largeur atteint 100 mètres. Le côté nord est en ta le côté sud est bordé par un mur de quai dont le pied est é à 1^{m},50 au-dessous des basses eaux. Ce quai, de 450 mètr longueur, a son sommet à 6^{m},25 au-dessus des basses eau hauteur totale est ainsi de 7^{m},75. Des voies sont établies s plate-forme du quai, avec raccordement les reliant à la de Riesa.

Les dépenses sont évaluées à 1.875.000 francs et permet l'hivernage de 80 bâtiments de moyenne grandeur.

Le trafic, qui était de 25.000 tonnes en 1878, a attei chiffre de 411.000 tonnes en 1894.

—— (Septembre 1897) : ARTHUR HERBST. — *La Sprée à Berli* Pendant l'année 1896, le trafic de Berlin par voie fluvi donné le mouvement suivant :

71.754	bateaux	à l'importation
71.539	—	l'exportation
4.473	—	au transit

Le tonnage correspondant est représenté par les chiffres vants :

	4.795.772	tonnes	à l'importation
	483.552	—	l'exportation
	689.285	—	au transit.
Total....	5.968.609	tonnes.	

Le trafic local des voies fluviales de Berlin atteint donc l chiffre de 5.279.324 tonnes. Ce résultat est dû aux travau

d'amélioration et de canalisation qui ont été exécutés dans ces dernières années sur la Sprée.

L'article est consacré à la description sommaire de ces travaux. Il est divisé en deux parties : la première traite de l'écluse et des ouvrages de retenue de Charlottenbourg ; la deuxième s'occupe du barrage et de l'écluse de Mühlendamm à Berlin.

Les travaux effectués comprennent, en outre, la régularisation de la Sprée inférieure, à la largeur normale de 50 mètres pour les hautes eaux et l'approfondissement du fleuve, de manière à lui donner un tirant d'eau de 1m,50 au-dessous des plus basses eaux. Ces travaux d'élargissement et d'approfondissement ont été faits de 1883 à 1885, et permettent à la Sprée inférieure de donner passage à des bateaux de 500 tonnes.

Les travaux de Charlottenbourg comprennent une écluse double de navigation, à laquelle on accède par un canal de 35m,40 de largeur au plafond, sur une longueur de 340 mètres. Les deux écluses accolées ont : celle de droite, une longueur de 87m,14 ; celle de gauche, une longueur de 50m,22 ; leur largeur est de 9m,60. Le barrage, situé sur un autre bras de la Sprée, séparé des écluses par une île, présente une chute de 1m,23, différence entre les eaux d'aval et celles d'amont. Il est formé d'une série de vannes, séparées par trois piles de 1m,29 de largeur et offrant ensemble une largeur libre de 42 mètres ; à côté se trouve une passe de 10 mètres de longueur.

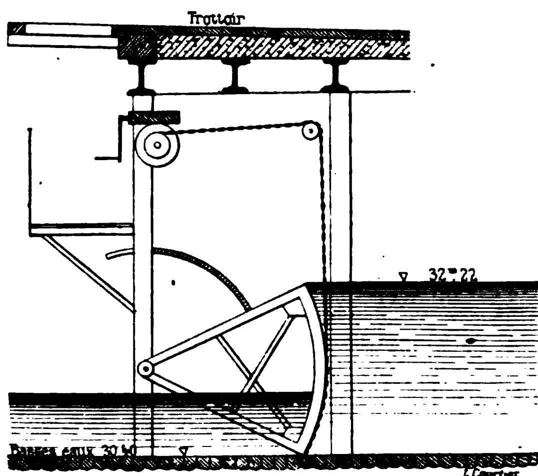
Ces travaux, exécutés en 1884 et 1885, ont coûté en tout 2.776.250 francs, dont 526.250 francs pour les écluses et 2.250.000 francs pour le barrage.

Les travaux de Mühlendamm comprennent également une écluse et un barrage ; ce dernier présente une longueur totale de 44 mètres et une hauteur de retenue de 1m,88. L'écluse a une longueur totale de 115 mètres et une largeur de 9m,60. La longueur utile est de 110 mètres.

Ces travaux, terminés en 1893, ont coûté 268.750 francs pour l'écluse. et 973.750 francs pour le barrage.

On a également établi, en face du monument de l'empereur Guillaume, un canal souterrain destiné à remplacer un bras de la Sprée, dévié par suite de la construction de ce monument et dans lequel on a dû installer un barrage, dont le système est représenté par la *fig.* ci-après. C'est une vanne ronde tournant autour d'un axe horizontal, et dont la manœuvre se fait au moyen d'une chaîne et d'un treuil. Il y a quatre vannes,

dont la manœuvre se fait en une minute et demie envir



Cette installation a coûté 11.250 francs et fonctionne très bi depuis 1896.

Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur und Architekte Vereines (nos 14 et 15, 2 et 9 avril 1897) : Sigmund Taussig. — *Les travaux de transformation du canal de la Vienne au Danu en un port de commerce et d'hiver.* — Il s'agit de travaux fo importants exécutés sur le canal du Danube, près de Vienne et dont le compte rendu a été fait par M. Taussig, à l'Assem blée générale des ingénieurs et architectes, le 28 novembre 189 Le canal comporte trois biefs : le premier, de 5.138m,60 ; l second, de 5.865m,10 ; le troisième, de 4.612m,90 de longueur L'article, accompagné de plusieurs vues photographiques et de deux planches d'atlas, donne une description sommaire de travaux ; on jugera de leur importance d'après le programm consacré par une loi du 18 juillet 1892, qui comporte la cons truction de 3 barrages de 40 mètres de longueur environ, d'une écluse de 85 mètres de longueur et de 15 mètres entre bajoyers, et de divers travaux accessoires, dont la dépense totale était de 21 millions de francs.

—— (No 20, 14 mai 1897) : Ernst Wallaudt. — *Les travaux de régularisation du bas Danube et leurs résultats.* — Le compte

rendu de ces travaux, fait à l'Assemblée générale du 3 avril 1897, contient deux parties : 1° un coup d'œil général sur les projets présentés pour la régularisation du fleuve et les résultats obtenus ; 2° une description des travaux les plus importants au point de vue technique. Ces travaux comprennent, en particulier, ceux qui ont été entrepris dans cette partie du cours du Danube comprise entre la Roumanie et la Serbie et qu'on nomme les Portes-de-Fer. Le premier projet devait réaliser dans cette partie une profondeur régulière de 2 mètres d'eau; mais avec cette profondeur les grands bateaux grecs, qui font le trafic et qui portent de 1.600 à 2.200 tonnes, ne pouvaient pas passer. On se résolut donc à obtenir une profondeur de 3 mètres. On se rendra compte des conséquences de cette modification, au point de vue des travaux à exécuter, à l'aspect des chiffres ci-dessous qui indiquent les quantités d'ouvrages, d'après les deux projets :

	Premier projet.	Projet modifié.
Enlèvement de rochers sous l'eau....................	161.693^{m3}	288.021^{m3}
— — pour le canal des Portes-de-fer.	226.949	362.536
Remblai pour les digues....	732.829	782.645
Cylindrage du remblai	123.448^{m2}	136.444^{m2}
Pavage de 30 centimètres d'épaisseur..............	8.284	sans changement
Pavage de 45 centimètres d'épaisseur..............	48.205	53.777^{m2}
Emploi de divers matériaux.	251.400^{m3}	257.780^{m3}
Barrière	2.700^{ml}	2.900^{ml}

Il faut ajouter à cela une augmentation de 29.000 mètres cubes de rochers à extraire sous l'eau entre Szvinicza et la petite Porte-de-Fer et des travaux évalués à près de 2.100.000 francs pour le port et le quai, près d'Orsova. Les derniers travaux seront achevés vers la fin de juillet 1898.

A la fin de décembre 1896, la plupart des travaux énumérés ci-dessus étaient achevés, sauf l'enlèvement de rochers sous l'eau, qui n'était fait que pour 87 0/0 ; le cylindrage du remblai, pour 57 0/0; et le pavage de 45 centimètres d'épaisseur, pour 99 0/0.

Au commencement de la saison de 1899, la navigation sur le

bas Danube pourra se faire, grâce à ces travaux, dans des conditions toutes nouvelles.

Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur und Architekten-Vereines (nos 32, 33 et 34 ; 6, 13 et 20 août 1897) : JOSEF RIEDEL. — *Les travaux de reconstruction du canal de la Marne au Rhin et du canal de la Saar, en Alsace-Lorraine.* — Compte rendu, avec figures et une planche d'atlas à l'appui, des travaux effectués depuis le traité de Francfort (1871), pour l'amélioration des conditions de la navigation en Alsace-Lorraine, sur le canal de la Marne au Rhin et le canal de la Saar.

Les dimensions anciennes étaient les suivantes :

Largeur du plan d'eau..........	de 14m,80 à 15m,40
Profondeur d'eau..............	1 ,60 à 2 ,00
Longueur minima des écluses...	30 ,30 à 31 ,10
Largeur minima des écluses....	5 ,20 à 7 ,00
Tirant d'eau maximum des bateaux......................	1 ,40 à 1 ,80
Longueur maxima des bateaux..	30 ,00 à 37 ,50
Largeur — — ..	5 ,00 à 6 ,80
Tonnage maximum des bateaux.	140 à 200 tonnes
Hauteur libre des ponts au-dessus des canaux..................	3m,20 à 3m,50

C'est en 1892 seulement qu'on décida un programme de travaux d'amélioration, pour lequel une dépense maxima de 13.750.000 francs fut prévue.

D'après la loi du 5 août 1879, votée en France sous le ministère de M. de Freycinet, les voies navigables étaient divisées en deux classes : les voies principales, pour lesquelles la profondeur d'eau devait être de 2 mètres, la largeur libre des écluses de 5m,20, la longueur des écluses de 38m,50 et la hauteur libre des ouvrages de 3m,70 ; les voies secondaires, pour lesquelles on admettait des dimensions moindres.

Le canal de la Marne au Rhin se trouvant en France dans la première catégorie, l'Administration allemande s'est trouvée conduite à entreprendre les travaux dans les conditions du programme français.

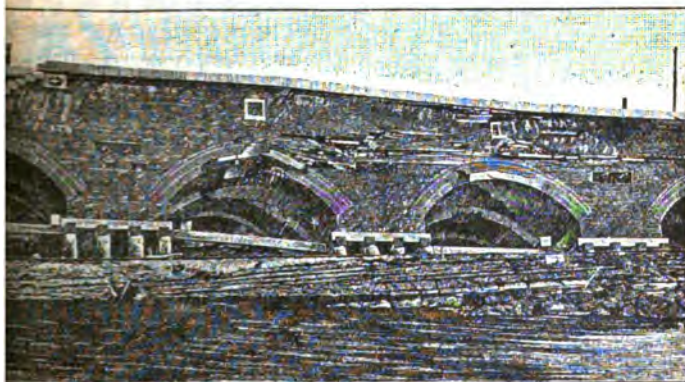
L'article donne successivement la description du canal de la Marne au Rhin, en Alsace-Lorraine, celle du canal de la Saar

et celle de la Saar canalisée, le programme des améliorations à réaliser, le compte rendu des travaux de reconstruction du pont-canal de la Saar, près de Hessen (ancien ouvrage en maçonnerie reconstruit en tôle, dépense 250.000 francs), ainsi que l'indication des travaux à faire aux écluses et aux ponts.

V. — Travaux maritimes.

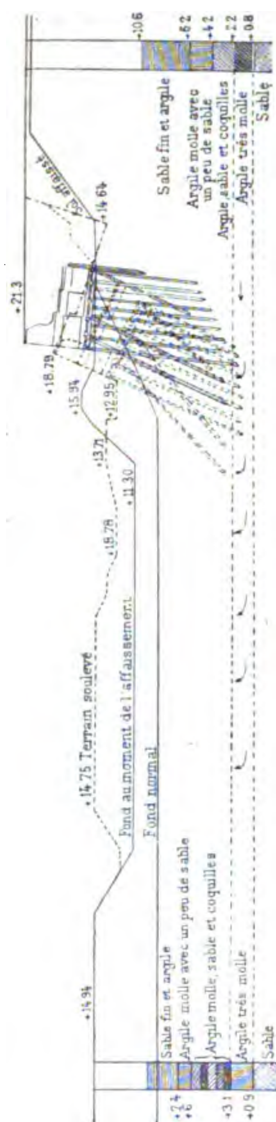
itschrift für Bauwesen (1897, fascicules 10 à 12) : Fülscher. — *La construction du canal de l'Empereur Guillaume.* — L'article, accompagné de nombreuses figures dans le texte, et de trois planches d'atlas, contient la description des ouvrages qui constituent l'ensemble du port de Brunsbüttel, point où le canal débouche dans l'Elbe.

Il traite successivement de la construction des murs de quai des deux ports, l'avant-port et le port intérieur, puis de la construction des môles.



Mur de quai du sud-est du port intérieur de Brunsbüttel, après l'affaissement.

Le développement des murs de quai est d'environ 800 mètres dans l'avant-port et 550 mètres dans le port intérieur. Le terrain de fondation étant fort mouvant et composé de couches de sable et d'argile, on a dû battre, pour asseoir ces murs, un nombre considérable de pieux d'une longueur variant de 12 à 16 mètres et de 33 et 35 centimètres de diamètre.



Coupe en travers du port intérieur montrant l'affaissement du mur de quai.

Dans l'avant-port le prix de[...] vient des murs, dont la haut[...] varie de 13m,50 à 14m,20 [...] dessus du fond, s'est élevé [...] 2.250 francs le mètre courant.

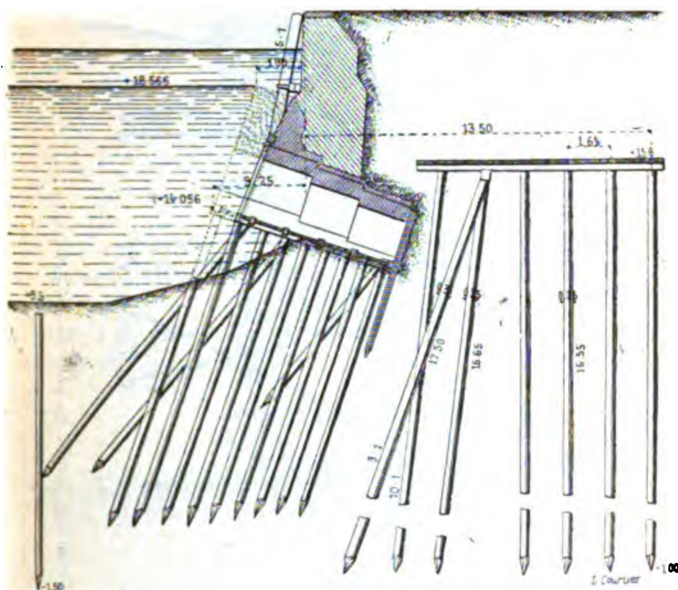
Dans le port intérieur il s'e[...] produit, en 1893, par suite de [...] mauvaise qualité du terrain [...] se trouve une couche d'argile tr[...] molle de 0m,80 d'épaisseur [...] dessous des couches de sabl[...] une rupture dans la partie s[...] du mur de quai et un affaiss[...] ment de plusieurs mètres de ha[...] teur sur une assez grande lo[...] gueur de l'ouvrage (Voy. l[...] *fig*. p. 379 et 380).

Les travaux de reconstructi[...] et de consolidation de ce mu[...] dont nous donnons une coupe e[...] travers après la réfection (*f*[...] p. 381), ont coûté, en chiffr[...] ronds, 1.100 fr. le mètre coura[...] Le mur est formé d'une série [...] voûtes; la coupe en travers est fa[...] sur l'axe d'une de ces voûtes.

Les deux môles du port d[...] Brunsbüttel ont, celui du su[...] une longueur de 131m,44, celui d[...] nord, une longueur de 247m,67[...] ces deux longueurs compren[...] nent celle de la tête de chaqu[...] môle, qui est de 19 mètres. L[...] tête du môle sud se termine [...] une profondeur de 5 mètres au-dessous des basses eaux de l'Elbe. Le môle nord est raccordé avec le mur de quai de l'avant-port au moyen d'une courbe de 750m,00 de rayon, et il se termine par des fonds de 10 mètres de profondeur.

Ces môles sont également fondés sur des pieux qui sont dis-

tants d'axe en axe de 1m,25 ; chacun de ces pieux supporte au plus 4m3,500 de maçonnerie, c'est-à-dire un poids d'environ 9 tonnes. En outre, et sur toute leur longueur, ces môles sont protégés par des fascines et des pieux battus à une distance de 0m,50 d'axe en axe. La *fig.* de la page 382 représente la coupe en travers de ces môles.



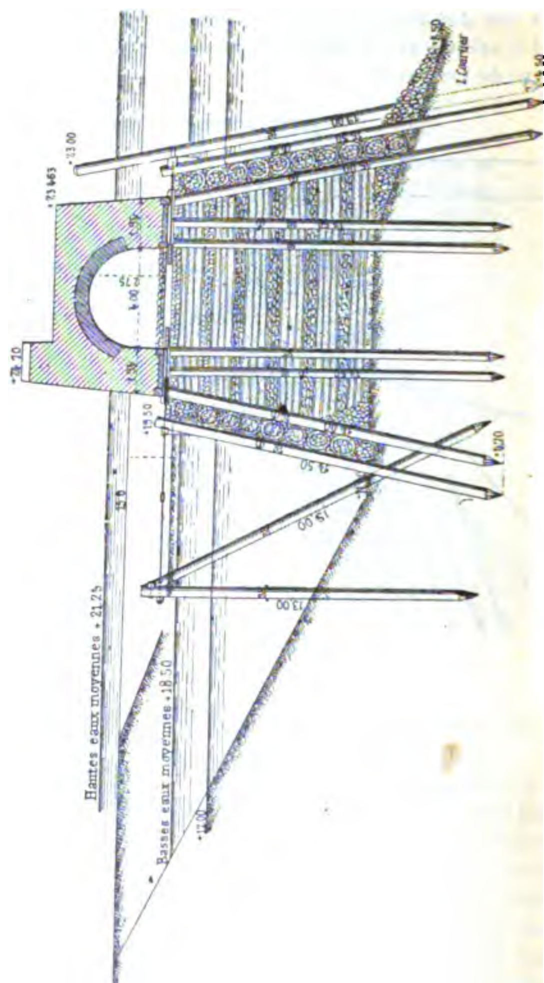
Profil du mur de quai du port intérieur après la reconstruction.

L'article donne ensuite la description des travaux de l'écluse établie à l'extrémité est du canal, à Holtenau, avec avant-port et port intérieur.

L'écluse est, comme celle de Brunsbüttel, à deux corps, de 25 mètres de largeur et de 150 mètres de longueur utile. Chacune des deux écluses accolées est munie de 6 paires de portes. L'épaisseur des bajoyers latéraux est de 6m,50, et celle du bajoyer central de 12m,50.

Les murs de quai des deux ports ont été beaucoup plus faciles à fonder que ceux de Brunsbüttel. Le mur de quai nord du port extérieur (Voy. *fig.*, p. 383) est formé d'un massif continu qui repose sur une fondation en béton.

Le mur de quai sud du port intérieur est formé d'un
de voûtes en maçonnerie de 5 mètres d'ouverture, sé



Profil des môles du port de Brunsbüttel.

par des massifs de 3 mètres d'épaisseur. La *fig.* de la page 383
donne la coupe sur l'axe d'une de ces voûtes.

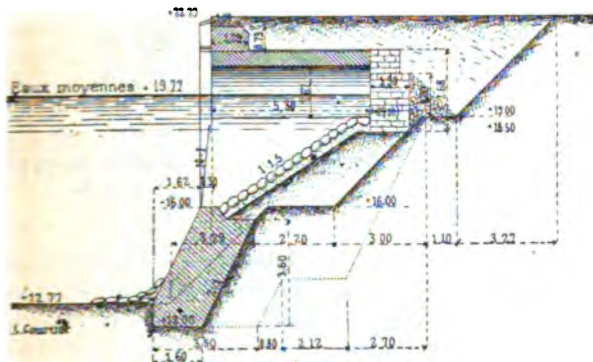
La construction des murs de quai a été terminée au prin

emps de 1895, un peu avant l'ouverture du canal à l'exploitation.



Profil du mur de quai Nord du port extérieur d'Holtenau.

Le prix de revient de ces murs, non compris le remplissage par derrière, s'est élevé à 3.500 francs le mètre courant.



Profil du mur de quai Sud du port intérieur d'Holtenau.

La construction du môle et celle du port au charbon ont coûté environ 262.500 francs.

itschrift des Oesterr. Ingenieur und Architekten-Vereines (n° 48, **26 novembre 1897**) : Schromm. — *Les nouveaux paquebots d'Alle-*

magne et d'Angleterre. — Il ne sera pas sans intérêt pou ingénieurs français de trouver ici des indications somm sur les deux derniers grands paquebots allemand et angla

Le Lloyd du Nord de l'Allemagne a fait construire réc ment à Brême un paquebot, *l'Empereur-Guillaume-le-Gr* dont la vitesse atteint 23 nœuds, et dont les dimensions pri pales sont les suivantes :

Longueur à la ligne d'eau	196m,60
Plus grande largeur à la ligne d'eau.	20 ,10
Profondeur........................	13 ,10
Tonnage brut......................	14.500 tonnes
Déplacement en charge............	20.500 tonnes
Puissance indiquée des machines...	30.000 chevaux
Vitesse...........................	23 nœuds
Nombre des hélices...............	2

Les ingénieurs anglais n'ont pas voulu se laisser distan par l'Allemagne, et, au mois de mars 1897, la *White Star L* de Liverpool mettait en chantier un nouveau bateau, l'*Ocea* qui doit filer 27 nœuds et dont les principales dimensions s indiquées ci-dessous :

Longueur à la ligne d'eau..........	214m,60
Plus grande largeur à la ligne d'eau.	21 ,50
Tonnage brut......................	17.000 tonnes
Déplacement en charge............	24.000 —
Puissance indiquée des machines...	45.000 chevaux
Vitesse	27 nœuds
Nombre des hélices...............	3

La vitesse de 27 nœuds (50 kilomètres à l'heure) est ce d'un grand nombre de lignes de chemins de fer, et le vap *Oceanic* sera sans doute pendant longtemps le plus rapi paquebot du monde entier.

Le paquebot allemand peut contenir 3.000 tonnes de ch bon ; le paquebot anglais en contiendra 4.000.

VI. — Chemins de fer. — Tramways. — Automobiles.

Mittheilungen des Vereines für die Förderung des Local-u Strassenbahnwesens (janvier 1897) : *Le chemin de fer à adhé rence et à crémaillère de Beyrouth à Damas.* — Cette ligne

ouverte à l'exploitation le 3 août 1895, a une longueur de 146 kilomètres. Elle part de Beyrouth à une altitude de 16m,20 au-dessus du niveau de la mer et s'élève jusqu'à la ligne de partage des eaux, à une hauteur de 1.487 mètres. Là, aux deux stations de Araya et d'Aley, aux kilomètres 18 et 22, on a dû, pour diminuer les travaux de terrassements, établir des points de rebroussement. Un tunnel de faible longueur se trouve au point le plus haut, et la ligne redescend jusqu'à la station de Muallakah, à 920 mètres au-dessus du niveau de la mer; elle aboutit à Damas à la cote 687 mètres.

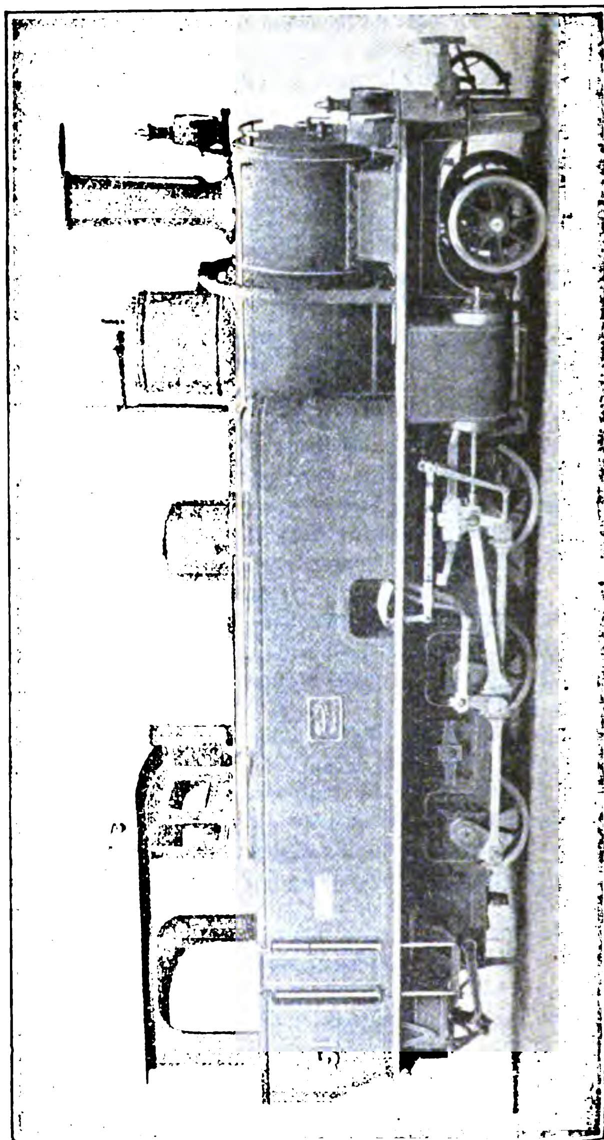
Entre Muallakah et Damas la ligne est généralement à adhérence avec une déclivité maxima de 25 millimètres; la chaîne du Liban est franchie à l'aide de l'emploi de la crémaillère, avec des rampes de 60 et 70 millimètres. La largeur de la voie est de 1m,05 ; le rayon des courbes descend jusqu'à 100 mètres en pleine voie et dans les gares, sauf dans les parties en crémaillère, où il est de 120 mètres.

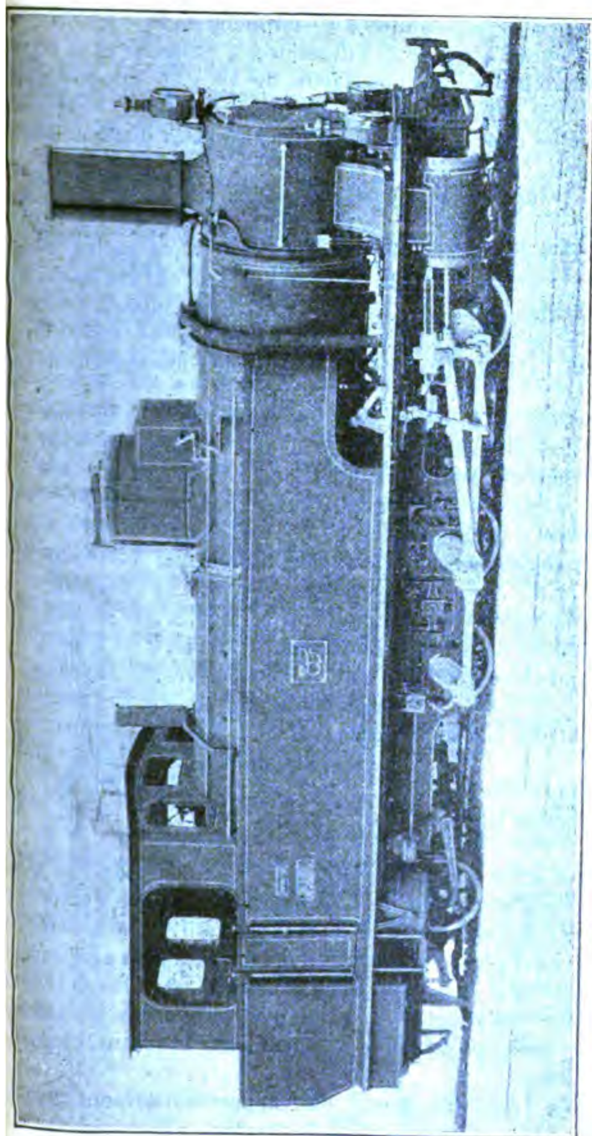
Le cube total des déblais de terre et de rocher s'est élevé à 1.133.000 mètres cubes, soit $7^{m3},7$ par mètre courant. Les ouvrages d'art sont au nombre de 811, parmi lesquels un viaduc en maçonnerie de quatre ouvertures en courbe de 120 mètres, un autre de quatre ouvertures en ligne droite, un autre de trois ouvertures en courbe de 120 mètres et un certain nombre de ponts métalliques de 10 à 20 mètres d'ouverture. La ligne comporte quatre tunnels d'une longueur totale de 728m,40.

La voie est posée en rails Vignole acier pesant $27^{kg},6$ par mètre courant, ayant 116 millimètres de hauteur, 52 millimètres de largeur en tête, 10 millimètres d'épaisseur à l'âme, 100 millimètres de largeur au patin et une longueur normale de 9m,90. Le poids maximum des essieux est de 12 tonnes.

Les traverses sont en acier, du profil Vautherin, avec renforcement médian dans l'axe de leur longueur; pour donner aux rails une inclinaison de 1/20, les traverses sont légèrement courbées aux deux extrémités sur une longueur de 420 millimètres. Leur poids est de $37^{kg},800$ pour une longueur de 1m,85, une hauteur de 75 millimètres et une largeur de 231 millimètres. La distance normale des traverses d'axe en axe est de 900 millimètres ; aux joints cette distance est réduite à 450 millimètres.

Le poids total de la superstructure est de $107^{kg},162$ par mètre courant.





Locomotive à crémaillère, chemin de fer de Beyrouth-Damas.

La crémaillère est du système Abt ; elle est employée da les déclivités supérieures à 25 millimètres. Elle est formée deux lames d'acier de 26 millimètres d'épaisseur et de 1m,80 longueur (acier Siemens-Martin de 48 à 56 kilogrammes résistance, avec 20 0/0 d'allongement). Les dents sont formé de parties alternativement pleines et évidées de 60 millimètr chacune.

Le poids de la crémaillère et de ses accessoires est 45kg,595 par mètre, de sorte que le poids total de la sup structure avec crémaillère est de 152kg,757 par mètre courant.

Les locomotives à adhérence (*fig.*, p. 386) ont été fournies p la fabrique de locomotives de Winterthur (Suisse). Ce sont de machines-tender à trois essieux couplés et un essieu bissel l'avant. Les principaux éléments de ces machines sont les suivant

Pression de la vapeur dans la chaudière...	12 atm.
Surface de grille........................	1m²,400
Surface de chauffe totale................	80 ,400
Diamètre des cylindres...................	380mm
Course des pistons.......................	550
Diamètre des roues motrices..............	1m,050
— — porteuses............	0 ,750
Empattement rigide.......................	2 ,800
Distance des essieux extrêmes............	5 ,00
Approvisionnement d'eau..................	4.600 kg.
— de charbon...........	2.000
Poids de la machine vide.................	30.700
— — en ordre de marche.	40.000
Poids adhérent...........................	30.000
Effort de traction.......................	5.000

La machine à crémaillère (*fig.*, p. 387) est du type norm des locomotives destinées à ce service, avec deux paires de cy lindres, mécanismes séparés, mais chaudière commune. La loco motive est portée par huit roues ; les trois essieux d'avant so accouplés, et leur charge constitue le poids adhérent; l'essie d'arrière est simplement porteur et possède un jeu radial qu lui permet, après chaque déplacement, de revenir à la position normale.

Cette machine porte un approvisionnement total de 7.500 kilogrammes d'eau et de charbon. Elle possède un poids maximum en service de 44 tonnes. En admettant que la tota-

lité de ce poids soit utilisée pour l'adhérence, il en résulterait, avec un coefficient d'adhérence de 1/6, un effort de traction de 7.300 kilogrammes à la circonférence des roues, mais seulement pour la machine pleine. Cet effort devient plus faible à mesure que l'approvisionnement diminue ; mais la machine a toujours au moins un poids adhérent de 34 tonnes environ, qui permet un effort de traction de 5.700 kilogrammes.

Le mécanisme à crémaillère est monté sur un cadre spécial et placé entre le deuxième et le troisième essieu à adhérence. Le dernier des deux essieux à crémaillère est actionné par les cylindres spéciaux à ce mécanisme, placés à l'intérieur du châssis et il est accouplé avec le deuxième essieu. En raison du faible espace disponible pour installer deux appareils distincts, on a adopté pour les deux paires de cylindres les dispositions du système Joy. Les deux paires de cylindres travaillent indépendamment l'une de l'autre, mais elles sont commandées par un même régulateur. Elles présentent encore une autre innovation. L'échappement de la vapeur des quatre cylindres se fait dans un espace placé immédiatement sous la boîte à fumée, et de là, dans celle-ci, par un tuyau commun. On a ainsi la possibilité de réaliser très simplement l'interruption de la communication entre le tuyau de la boîte à fumée et la conduite d'air aux tiroirs, condition indispensable pour pouvoir transformer le cylindre à vapeur en frein à air, et, en outre, on donne ainsi au tuyau d'échappement une forme convenable.

Chaque machine est munie des moyens de freinage ci-après. D'abord chaque paire de cylindre peut être transformée, comme il vient d'être dit, en un frein à air. En outre, un frein ordinaire à sabots en fer agit sur les six roues à adhérence. Un autre frein à sabots agit sur les deux essieux à crémaillère. Enfin un cinquième appareil de sûreté est fourni par le frein à vide, dont chaque wagon est muni.

Les principales matières employées dans la machine remplissent les conditions de résistance indiquées ci-dessous :

	RÉSISTANCE	ALLONGEMENT pour 100
	kil.	
Chaudière (acier fondu)...........	36-40	25
Boîte à feu en cuivre.............	20-22	35
Essieux en acier..................	55-60	15-12
Roue d'engrenage en acier........	70	18
Bandages en acier................	65	15
Cylindres........................	18	»
Pièces diverses en acier..........	35	12

Les principaux éléments caractéristiques de la machine sont les suivants :

Surface de grille.........................	1^{m2},63
Surface de chauffe directe................	8 ,00
— des tubes..............	87 ,80
— totale.................	95 ,80
Longueur des tubes	3 ,00
Pression de la vapeur....................	12 atm.

Mécanisme à adhérence.

Diamètre des cylindres..................	380^{mm}
Course des pistons.......................	500
Diamètre des roues motrices..............	900
Diamètre des roues porteuses.............	750
Empattement rigide......................	3^{m},00
Distance des essieux extrêmes............	5 ,250

Mécanisme à crémaillère.

Diamètre des cylindres...................	380^{mm}
Course des pistons.......................	450
Diamètre des roues motrices..............	688
Division en dents........................	120
Distance des essieux.....................	930
Poids de la machine vide.................	33.000 kg.
Eau dans la chaudière....................	3.200
Approvisionnement d'eau..................	5.000
— de combustible........	2.500

Outillage	300 kg.
Poids maximum en ordre de marche	44.000
Poids adhérent	34.000
Force de traction, pour l'adhérence simple.	5.000
— (adhérence et crémaillère)	10.000

Supposons un train, du poids de 100 tonnes, remorqué sur une rampe de 25 millimètres par la seule adhérence, à la vitesse de 9 kilomètres à l'heure.

En admettant pour la résistance propre de la machine 12 kilogrammes par tonne, l'effort de traction nécessaire pour son propre mouvement sera :

$$44 (12 + 25) = 1.628 \text{ kilogrammes.}$$

La résistance du train, évaluée à 6 kilogrammes par tonne, sera :

$$100 (6 + 25) = 3.100 \text{ kilogrammes.}$$

Résistance totale : 4.728 kilogrammes.

Avec un poids adhérent de 34 tonnes il suffira donc d'un coefficient d'adhérence de 1/7,2.

Sur une rampe de 60 millimètres, l'effort de traction nécessaire pour le mouvement de la machine serait :

$$44 (12 + 60) = 3.168 \text{ kilogrammes.}$$

Pour le train il serait :

$$100 (6 + 60) = 6.600 \text{ kilogrammes,}$$

soit, au total, 9.768 kilogrammes.

Il faudra donc avoir recours sur cette rampe à l'adhérence aidée de la crémaillère.

Avec une pression à la chaudière de 12 atmosphères et une admission de 35 0/0 aux cylindres, la pression moyenne dans les cylindres sera de $6^{kg},5$ environ.

En employant la formule :

$$F = \frac{p. l. d^2}{D},$$

dans laquelle :

p = la pression moyenne.	$6^{kg},5$ (adhérence)	$6^{kg},5$ crémaill[illegible]
l = la course des pistons..	50 ,0 —	45 ,0 —
d = le diamètre des cylindres..............	38 ,0 —	38 ,0 —
D = le diamètre des roues motrices..........	90 ,0 —	68 ,5 —

la force de traction ressort aux chiffres suivants (en nom[illegible] ronds) :

Adhérence...........	5.200 kilogrammes
Crémaillère..........	6.100 —
Ensemble.......	11.300 kilogrammes

chiffres supérieurs aux nombres trouvés plus haut pour la rés[illegible] tance du train.

En supposant un effort de traction de 9.768 kilogram[illegible] réalisé à la vitesse de 9 kilomètres à l'heure, la machine p[illegible] duira un travail de 325 chevaux, soit une moyenne de $3^{ch},4$ p[illegible] mètre carré de surface de chauffe.

Au mois de décembre 1894, on a fait des voyages d'ess[illegible] dans lesquels on a pu remorquer, à la vitesse de 12 kilomèt[illegible] à l'heure, sur les fortes rampes du tracé, un poids un p[illegible] supérieur à celui qui a été admis plus haut. Le travail de l[illegible] machine était de 440 chevaux, soit $4^{ch},5$ par mètre carré d[illegible] surface de chauffe.

D'après des recherches fort intéressantes, qui ont été fait[illegible] en France, on peut admettre que les différentes parties de l[illegible] surface de chauffe contribuent au travail total dans les propo[illegible] tions ci-dessous :

1° Chaque mètre carré de la surface de chauffe directe : 13 chevaux, soit..........................	8 × 13 = 104^{ch},[illegible]
2° Chaque mètre carré du premier mètre des tubes : $4^{ch},5$, soit.....	29,26 × 4,5 = 131 ,[illegible]
3° Chaque mètre carré du deuxième mètre des tubes : $2^{ch},3$, soit.....	29,27 × 2,3 = 67 ,[illegible]
4° Le troisième mètre des tubes : $1^{ch},2$, soit....................	29,27 × 1,2 = 35 ,[illegible]
Total..................	338^{ch},[illegible]

Ce travail est sensiblement inférieur à celui que peut produire la locomotive, avec de bon combustible et lorsqu'elle est bien conduite, ainsi que le prouvent les voyages d'essai.

En exploitation, on aborde les parties de ligne en crémaillère avec une vitesse de 10 kilomètres, qu'on maintient à peu près sur ces parties.

Avec une vitesse de 30 à 35 kilomètres dans les autres parties de la ligne, la durée du trajet de Beyrouth à Damas est d'environ douze heures. Récemment on a pu réduire cette durée à dix heures, en diminuant le temps accordé pour prendre de l'eau, changer de machine, etc.

D'après les derniers renseignements, la fréquentation de la ligne, en 1896, a été de 150.000 voyageurs et de plus de 80.000 tonnes de marchandises. On espère dans peu d'années arriver à 250.000 voyageurs et 150.000 tonnes de marchandises.

Les tarifs appliqués sont les suivants :

1re classe........	0 fr.	170	par kilomètre
2e —	0	115	—
3e —	0	050	—
Marchandises.....	0	20	par tonne et par kilomètre.

Les travaux de la ligne ont été faits dans le système de la régie co-intéressée; ils ne devaient pas dépasser un maximum de 17 millions de francs.

L'exécution a coûté, en réalité, 14 millions de francs; on a payé à la société concessionnaire 15.500.000 francs, soit une moyenne de 106.000 francs par kilomètre. Dans cette somme ne sont pas comprises les dépenses pour études préliminaires, pour la préparation du projet définitif et la constitution du capital d'établissement.

Mittheilungen des Vereines für die Förderung des Local-und Strassenbahnwesens (septembre 1897) : *Chemin de fer à voie étroite de Eaton-Hall à Balderton, en Angleterre.* — On a construit, pour le duc de Westminster, de Eaton-Hall à la station de Balderton, sur le Great-Western, un petit chemin de fer à voie très étroite (0m,38 de largeur) sur une longueur de 3 milles anglais (4.827 mètres). En y ajoutant deux embranchements de 3/4 de mille, le réseau total a une longueur de 4 milles et

demi (7.241 mètres). Cette ligne, primitivement établie pour le transport des charbons et des matériaux de construction (environ 5.000 tonnes par an), sert maintenant aussi au transport des voyageurs.

Le rail d'acier a un poids de $8^{kg},181$ par mètre courant; les traverses, également en acier, sont distantes d'axe en axe de $0^{m},6858$. La rampe maxima du tracé est de 1/70; le rayon des courbes descend à $91^{m},44$ sur la ligne principale et à $18^{m},29$ sur les embranchements. Les locomotives pèsent 3 tonnes et peuvent passer dans des courbes de $7^{m},62$ de rayon. Elles peuvent remorquer 40 tonnes (y compris leur poids propre) en palier et 20 tonnes sur la rampe maxima du tracé, à la vitesse de 10 milles (16 kilomètres) à l'heure.

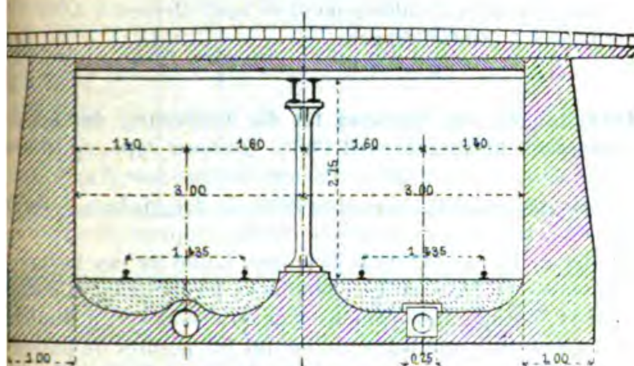
Les dépenses totales d'établissement, y compris le matériel roulant, se sont élevées à 5.893 livres (147.325 francs).

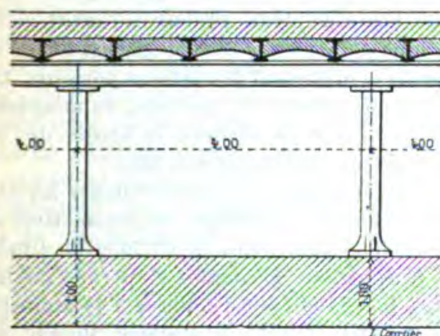
Mittheilungen des Vereines für die Förderung des Local-und Strassenbahnwesens (septembre 1897): *Le chemin de fer électrique souterrain François-Joseph, à Buda-Pest.* — L'article donne quelques détails sur la construction du chemin de fer électrique souterrain établi dans la rue Andrassy, à Buda-Pest, par la Société Siemens et Halske; cette ligne a été ouverte à l'exploitation le 2 mai 1896. Elle a $3^{km},700$ de longueur; la force de traction est fournie aux voitures par un trolley qui prend le courant sur un fil aérien. Le plus petit rayon des courbes est de 40 mètres; la plus grande partie de la ligne est en alignement droit (92 0/0 de la longueur); les déclivités sont très faibles et ne dépassent pas 2 millimètres, sauf au point où la ligne sort du tunnel pour s'élever au niveau des rues; il y a là une rampe de 20 millimètres sur 165 mètres de longueur.

Le tunnel a une largeur de 6 mètres et une hauteur libre de $2^{m},75$; le radier et les parois latérales sont en béton. Le toit est formé par des poutres métalliques transversales de 300, 320 et 350 millimètres de hauteur, distantes de 1 mètre l'une de l'autre et réunies par de petites voûtes en béton. Ces poutres reposent à leurs extrémités sur les murs en béton et en leur milieu sur une double poutre en I de 320 et 350 millimètres, qui s'appuie sur des poteaux en fonte distants de 4 mètres d'axe en axe.

La superstructure se compose de rails en acier de 9 mètres de longueur, pesant $23^{kg},5$ par mètre courant reposant sur des traverses métalliques distantes de $0^{m},928$ d'axe en axe.

L'installation des machines comprend deux machines com-und à condensation. Chacune d'elles actionne directement ie dynamo J 110 de Siemens et Halske, de 300 volts et 100 ampères, et pouvant aller parfois jusqu'à 1.400 ampères. i seul des deux groupes de machines est en exploitation à la is.





Les voitures ont 12 mètres de longueur et $2^{m},35$ de largeur; lles sont portées par deux bogies et contiennent 28 places ssises et 14 places debout.

L'exploitation a lieu de six heures du matin à minuit, et les ains se succèdent, aux heures de la journée où le trafic est itense, à des intervalles de quatre minutes; cet intervalle peut ième être, en cas de besoin, réduit à deux minutes. La vitesse naxima est de 40 kilomètres à l'heure; la durée réelle du trajet

varie de treize à seize minutes. Les wagons ne conti qu'une classe; le prix est de 10 kreuzer (0 fr. 21).

Le nombre des voyageurs a été, de mai à la fin d cembre 1896, de 3.147.950 personnes; la recette, de 661.000 fr De janvier à fin août 1897, on a transporté 316.209 person touché 506.000 francs.

Les dépenses d'établissement se sont élevées à 3.600.00 rins, soit 7.560.000 francs.

Mittheilungen des Vereines für die Förderung der Local Strassenbahnwesens (avril 1897) : *Quelques types de locom pour petits chemins de fer.* — Cet article reproduit, d'après *The way world* (vol. XII, décembre 1896), la description de que types de locomotives pour voie étroite, empruntés aux che de fer de la Saxe et de la Belgique. L'une de ces locomot employée en Saxe sur les chemins de fer de l'État et cons par la fabrique de locomotives de Krauss et Cie, à Munich Linz, présente une particularité qui lui permet de passer facilement dans les courbes de faible rayon. Habituelleme locomotives pour petite voie ont deux ou trois essieux ac plés, avec un bogie de deux essieux à l'avant ou à l'arr dans la machine de Krauss et Cie le bogie est formé de l'un essieux couplés et d'un seul des essieux porteurs. Le cadr bogie est relié au cadre de la machine, de manière à tou autour d'un pivot, tout en réalisant la liaison de l'essieu teur avec l'essieu accouplé le plus voisin.

D'autres machines, employées sur les lignes à voie étroit secondaires, sortent de la fabrique de locomotives de Wi thur. L'une d'elles, pour voies de $0^m,76$ et de 1 mètre de geur, est à trois essieux accouplés et permet de franchir fortes rampes. La chaudière est timbrée à 14 atmosphères. cylindres extérieurs, d'après le système Brown, sont pl sur la plate-forme de la machine et sont commandés par levier de manœuvre vertical, sans excentrique.

Un autre type de locomotive pour tramways ou ligne courbes très prononcées, de 15 mètres de rayon, est porté quatre essieux, dont deux accouplés au milieu et deux essi de bissel à l'avant et à l'arrière.

Enfin l'article donne le résumé ci-dessous des principal conditions d'établissement de neuf types de locomoti employées par les chemins de fer vicinaux belges.

DIMENSIONS	TYPES DE MACHINES								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
...tre des cylindres (m.).....	0,231	0,259	0,279	0,349	0,320	0,349	0,349	0,359	0,359
...e des pistons (m.).........	0,395	0,359	0,359	0,359	0,400	0,400	0,400	0,359	0,359
...tre des roues motrices (m.)	0,832	0,832	0,832	0,840	0,900	0,900	0,900	0,850	$\frac{0,832}{0,700}$
...ement total (m.).........	1,800	1,800	1,800	1,800	2,000	2,500	2,500	2,000	3,320
...e de chauffe totale (m^2)..	18,81	18,59	31,87	34,35	36,63	48,33	48,33	47,62	49,08
...n de la vapeur (atm.)....	12	12	10	12	12	10	10	12	12
...visionnement d'eau (m^3)..	1,50	1,50	2	2,38	2,45	2,95	2,95	2,60	2,90
...on de charbon (m^3).....	0.50	0,50	0,65	0,80	1	1	1	0,97	0,90
... en service (t.)...........	15	16,5	18,5	22	27	28,5	28,5	29	30
... de traction $\left(0,65 \frac{pd^2l}{D}\right)$ kg.	1.781	2.100	2.200	4.086	3.542	3.531	3.531	4.037	4.126

Zeitschrift für Architektur und Ingenieur wesen (1897, 7e fascicule) : Ludwig Neumann. — *Contribution à l'histoire de l'amélioration de l'éclissage des rails.* — Étude historique, avec deux planches d'atlas à l'appui, du mode de jonction des rails de chemins de fer. Les exemples cités dans cette étude sont principalement empruntés aux chemins de fer de l'État saxon. Les premières éclisses employées en 1855 avaient une longueur de 170 millimètres, elles étaient fixées par deux boulons; les traverses de joint étaient distantes de 750 millimètres d'axe en axe. Le joint était d'ailleurs renforcé en dessous par une sorte de tronçon de rail, placé le champignon en bas et dont le patin était serré par les éclisses de forme recourbée. Les éclisses, modèle 1896-1897, des chemins de fer de l'État saxon, ont une longueur de 850 millimètres; elles sont réunies par six boulons. L'éclisse extérieure en forme de cornière est tirefonnée sur les deux traverses de joint, distantes de 540 millimètres d'axe en axe; l'éclisse intérieure est simple. Elles ont une épaisseur de 18 millimètres à l'âme.

Zeitschrift des Oesterr. Ingenieur-und Architekten-Vereines (nos 6, 5 février 1897; nos 28 et 29, 9 et 16 juillet 1897) : Hermann v. Littrow. — *Le matériel d'exploitation des chemins de fer aux expositions de Berlin, Buda-Pest et Nuremberg, en* 1896. — Le premier article, accompagné de figures et de deux planches d'atlas, donne la description de 24 locomotives pour trains express et de voyageurs, pour trains de marchandises,

ainsi que pour lignes à crémaillère et pour lignes à voie é
Toutes ces machines sont empruntées aux réseaux de
hongrois, de l'État prussien et de l'État de Bosnie et H
govine.

Le second article, accompagné de figures et de q
planches d'atlas, donne la description des wagons de di
sortes.

Zeitschrift des Oesterr. Ingenieur-und Architekten-Ve
(nos 38 et 39, 17 et 24 septembre 1897) : VICTOR SCHÜTZEN
— *Les moyens d'exploitation du métropolitain de Vienn*
Article, accompagné de plusieurs dessins, consacré à la
cription des locomotives et wagons employés pour l'exploit
du chemin de fer métropolitain de Vienne. La locomotive-
der à cinq essieux, dont trois essieux couplés au milieu
essieu porteur à l'avant et un autre à l'arrière, à une long
totale de 11m,334 entre les tampons ; l'empattement rigid
de 2m,91, et l'empattement total de 7m,70. Le diamètre des r
motrices est de 1m,258 ; celui des roues porteuses, de 0m,8
poids total de la machine est de 69T,4, y compris un appr
sionnement de 8m3,5 d'eau et de 2m3,5 de charbon. Le p
adhérent est de 43 tonnes, et la machine peut remorquer,
les rampes de 20 millimètres du tracé, un poids total
135 tonnes avec une vitesse de 35 kilomètres à l'heure. La c
dière est timbrée à 13 atmosphères.

Les wagons sont de deux classes seulement : seconde et t
sième ; leur longueur totale est de 9m,63 entre les tampons
sont à intercirculation, éclairés au gaz et chauffés à la vap
Ceux de seconde classe contiennent 40 places ; ceux de t
sième classe, 48. Les premiers pèsent 10.600 kilogrammes ;
seconds, 10.100 kilogrammes. Il existe une variété de wag
de troisième classe, avec compartiment à bagages, qui pès
10.500 kilogrammes.

—— (No 48, 26 novembre 1897) : ROLF SANZIN. — *Les locomoti*
pour trains express sur les lignes de montagne. — L'article
consacré à la description d'un certain nombre de locomoti
destinées à faire le service des trains express sur des lign
dont les rampes dépassent 15 millimètres par mètre. La
vitesse maxima varie entre 40 et 50 kilomètres à l'heure. Voi
les dimensions de quelques-uns de ces types de locomotives
à trois essieux couplés :

NOMS des ADMINISTRATIONS	SYSTÈME de la locomotive	DIAMÈTRE des cylindres — Course des pistons	DIAMÈTRE des roues motrices	SURFACE de chauffe totale	SURFACE de grille	PRESSION à la chaudière	POIDS en service
		millim.	millim.	m. carré	m. carré	kg. p^r cm^2	tonnes
Chemins de fer du Sud de l'Autriche.	Cylindres jumeaux.	480 / 610	1276	136,4	1,94	11	40,85
Chemins de fer de l'État Autrichien.	Cylindres jumeaux.	450 / 632	1259	132,6	1,94	11	41,1
	Compound Syst. Gölsdorf	500.740 / 632	1290	132 »	1,80	12	42 »
Chemins de fer de l'État Italien.	Cylindres jumeaux.	450 / 650	1330	124,3	1,60	9	39,4
Chemins de fer de l'État Hongrois.	Compound Syst. Gölsdorf	485.700 / 650	1440	122,4	2,10	13	42,5

Dans ces diverses machines la vapeur est assez bien utilisée à la plus grande vitesse du piston ; elles peuvent donner, à la vitesse de 30 à 40 kilomètres, jusqu'à 5 chevaux par mètre carré de surface de chauffe.

Ces locomotives font, seules ou en double traction, le service des trains omnibus et express sur les lignes accidentées. Ainsi les machines des chemins de fer du Sud de l'Autriche remorquent des trains de 130 tonnes à la vitesse de 40 kilomètres sur des rampes de 25 millimètres.

Parmi les plus nouvelles machines destinées à ce service, il convient de citer les suivantes :

Les locomotives françaises des chemins de fer du Midi construites en 1893, avec quatre cylindres en compound, dont deux pour la haute pression et deux pour la basse pression, une chaudière munie de tubes Serve et une surface de chauffe totale de 195 mètres carrés. Ces machines font le service sur la ligne de Béziers à Neussargues, qui comporte des pentes de 27 à 33 millimètres ;

Les locomotives du Gothard, mises en service en 1894, qui sont de deux types, et qui ont donné d'excellents résultats.

NOMS DES ADMINISTRATIONS	SYSTÈME	DIAMÈTRE des cylindres — Course des pistons	DIAMÈTRE des roues motrices	EMPATTEMENT total	EMPATTEMENT des essieux moteurs	EMPATTEMENT du bogie	SURFACE de chauffe totale	SURFACE de grille	PRESSION dans la chaudière	POIDS en service	POIDS adhérent	RAMPE maxima franchie
		millimètres	millim.	millim.	millim.	millim.	m. carré	m. carré	kg. p[r] cm²	tonnes	tonnes	millim.
Chemins de fer du Midi français.	4 cylindres compound	$2 \times \frac{350.650}{640}$	1600	7600	3900	2000	194,91	2,46	14,»	57,5	41,7	33,»
Chemins de fer de l'État badois (Forêt-Noire).	4 cylindres compound	$2 \times \frac{350.550}{640}$	1600	6450	3600	1900	128,4	2,10	12,»	53,5	40,2	20,»
Chemin de fer du Gothard.	4 cylindres compound	$2 \times \frac{350.530}{600}$	1600	7470	3510	1800	165,»	2,30	14,»	65,»	45,»	27,»
	3 cylindres compound	$\frac{400.2 \times 408}{600}$	1600	7470	3510	1800	165,»	2,30	14,»	65,»	45,»	27,»
Chemins de fer de l'État hongrois (Fiume-Karlstadt).	Cylindres jumeaux	$\frac{500}{650}$	1606	6635	3150	1800	142,3	3,»	13,»	57,»	41,3	25,»
Chemins de fer du Sud de l'Autriche (Brenner).	Cylindres jumeaux	$\frac{500}{680}$	1540	6750	3350	2100	184,»	2,85	12,5	60,2	42,»	25,»
Nouvelle-Galles du Sud (machines construites en Angleterre).	Cylindres jumeaux	$\frac{508}{660}$	1524	8458	4216	2134	181,2	2,60	11,3	57,4	42,5	33,3
Chemins de fer mexicains.	Cylindres jumeaux	$\frac{470}{660}$	1524	7200	3802	1829	126,1	2,33	12,3	56,4	42,»	40,»
Chicago-Milwaukee et Saint-Paul-Railway.	2 cylindres compound	$\frac{533.787}{661}$	1982	9081	4114	1820	?	3,01	14,»	64,9	40,2	?

Ces machines remorquent des trains de 120 tonnes à la vitesse de 45 kilomètres à l'heure sur des rampes de 27 millimètres, faisant ainsi un travail de 1.000 à 1.200 chevaux. L'une de ces machines comporte quatre cylindres en compound, dont deux pour la haute pression, et deux pour la basse pression, tandis que l'autre a seulement un cylindre à haute pression et deux à basse pression. Ces deux machines sont semblables pour le surplus ; elles ont un poids adhérent de 45 tonnes, soit 15 tonnes par essieu. La machine à trois cylindres est celle qui a donné les meilleurs résultats. Ces locomotives du Gothard, qui pèsent 100 tonnes, y compris leur tender, paraissent actuellement les plus fortes du Continent.

Les chemins de fer de l'État hongrois ont, depuis 1894, des locomotives non compound à trois essieux couplés, qui développent un effort de traction de 6.600 kilogrammes, et qui remorquent 100 tonnes à 30 kilomètres sur des rampes de 25 millimètres.

Citons enfin des locomotives du Brenner, qui fonctionnent depuis 1897, qui ne sont pas non plus munies du système compound, qui ont 184 mètres carrés de surface de chauffe et 42 tonnes de poids adhérent.

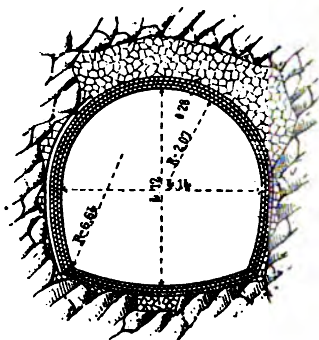
Nous résumons ci-dessus les principales conditions d'établissement de ces locomotives, ainsi que de quelques-unes de leurs analogues en Amérique. Toutes ces machines sont munies du bogie à l'avant.

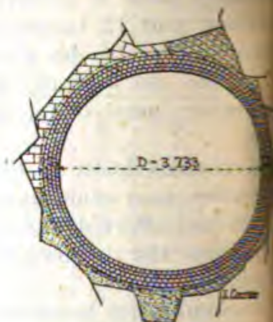
VII. — Génie rural. — Assainissement. — Distribution d'eau.

Oesterreichische Monatschrift für den öffentlichen Baudienst (avril 1897) : Franz. — *Le barrage de la vallée du Croton et l'alimentation en eau de New-York.* — La ville de New-York était alimentée en eau, depuis 1837, par un aqueduc de 65 kilomètres de longueur, allant prendre les eaux du Croton, à 9^k,500 de son embouchure dans l'Hudson, dans un réservoir de 15^m,24 de hauteur de retenue. Cet aqueduc fournissait au réservoir de la ville un approvisionnement journalier de 227.560 mètres cubes. En 1885, cette alimentation fut augmentée au moyen de deux autres prises d'eau ; mais en même temps on entreprit l'exécution d'un nouvel aqueduc d'une

capacité plus grande, qui a pu être mis en service en 18

Le nouvel aqueduc a une longueur de 54.252 mètres ; chute totale depuis le barrage de la vallée jusqu'au réser de la ville, est de 10m,27. Le profil de la plus grande pa de cet aqueduc, exécuté en tunnel, a la forme d'une galerie 4m,12 de hauteur et de 4m,14 de largeur ; la dernière pa



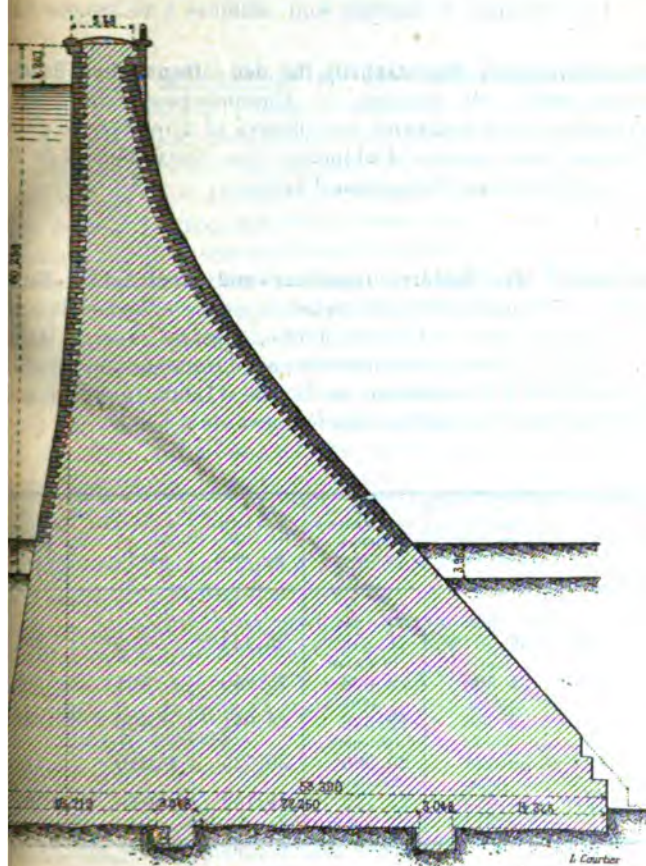


est de forme circulaire, avec 3m,74 de diamètre, en ma nerie de ciment. La capacité de débit de cet aqueduc es 1.145.140 mètres cubes par jour. Les dépenses de constru se sont élevées à 71.400.000 francs.

Bien que, par l'installation de cet aqueduc, on eût ass aux 1.810.000 habitants de New-York un approvisionnem journalier de 632.000 mètres cubes, soit 349 litres par pe sonne et par jour, on estima que ce n'était pas encore su sant et l'on se décida à établir un nouveau grand barrage le Crotón.

Ce barrage, dont l'exécution est entreprise depuis 1896, pr sente une longueur totale de 670m,55 d'une rive à l'autre de vallée : il comporte sur ses deux ailes un canal de déch de 182m,88 et, dans sa partie centrale, le barrage propreme dit, de 304m,79 de longueur. Ce barrage, dont le profil est représenté, supporte à sa partie supérieure une route 5m,48 ; il a une hauteur de 60m,259 au-dessus du sol et u hauteur totale de 79m,247 au-dessus de la fondation. C *actuellement le barrage le plus élevé qui ait été entrepris dans monde entier*. La forme de son profil se rapproche de celle a été adoptée en France dans ces derniers temps pour l

vrages de cette nature et notamment du barrage de Charain dans la vallée de la Loire, près de Roanne, lequel n'a l'une hauteur de 54 mètres au-dessus de la fondation.



Le nouveau barrage du Croton est fondé jusqu'à 23 mètres -dessous du sol ; il a à cette profondeur une largeur de ,39. Il est à remarquer que son tracé en plan est entièrement rectiligne. D'après les calculs de résistance, le travail ximum de la maçonnerie est de 16 kilogrammes par cenmètre carré.

La capacité totale du réservoir est 232.204.000 mètres cubes, de sorte que la ville de New-York sera ainsi assurée d'un approvisionnement d'eau de 552 litres par personne et par jour.

Les dépenses du barrage sont évaluées à 16.380.000 francs.

Oesterreichische Monatschrift für den öffentlichen Baudienst (mai 1897) : M. Strukel. — *L'assainissement de Paris.* — Compte rendu sommaire, avec figures et une planche d'atlas à l'appui, des travaux d'adduction des eaux d'égout de Paris dans les terrains d'irrigation d'Achères.

Zeitschrift des Oesterr. Ingenieur-und Architekten-Vereins (n° 13, 26 mars 1897) : A. Oelwein. — *La consommation d'eau des petites villes.* — L'auteur donne, comme exemple de consommation d'eau des villes de peu d'importance, les chiffres empruntés à la statistique de la ville d'Iglau, pour les années 1890 à 1894. Ces chiffres sont les suivants :

ANNÉES	CONSOMMATION maxima par mois	CONSOMMATION minima par mois	MOYENNE par mois	MOYENNE par jour	MOYENNE par jour et par tête
1890	Août 32.582mc	Février 21.338mc	26.144mc	859mc	36l,4
1891	Janvier 31.398	Décembre 23.698	25.840	861	36,3
1892	Août 32.736	Avril 22.548	26.041	866	36,5
1893	Juillet 35.421	Décembre 26.586	30.726	1.010	42,5
1894	Juillet 36.674	Novembre 23.472	28.162	918	38,7

En prenant la moyenne de ces cinq années, on trouve les résultats suivants :

Consommation par mois........... 27.383 mètres cubes
— par jour........... 903 —
— par jour et par tête. 38lit,04

La population d'Iglau s'élevait, à la fin de 1894, à 24.100 habitants; le nombre des maisons était de 1.304.

VIII. — MACHINES.

Oesterreichische Monatschrift für den öffentlichen Baudienst (avril 1897) : VICTOR PIRNER. — *Explosion d'une chaudière à vapeur.* — Compte rendu, avec vues photographiques et une planche de figures, d'une explosion de chaudière à vapeur qui s'est produite, le 9 décembre 1896, dans la fabrique de papiers de la Société Leykam-Josefsthal, à Gratwein, la plus grande et la mieux outillée des fabriques de papier de l'Autriche. Huit personnes ont été blessées, dont six grièvement. L'explosion s'est produite, par suite de l'arrachement du bord de la plaque de tête (fond antérieur de la chaudière) à la couture de la boîte à feu, sur une longueur totale de $1^m,560$.

Le bâtiment des générateurs contenait neuf chaudières, dont six chaudières Dupuis et trois chaudières cylindriques. La chaudière qui a fait explosion faisait partie d'un groupe de trois chaudières Dupuis, qui avaient été fournies, en 1887 et 1889, par la Société de fabrication de machines de Brünner; elle était en acier Martin, avec une surface de chauffe totale de $133^{2m},90$ et fonctionnait à la pression de $8^{atm},25$. Au moment de l'explosion, la pression devait être de 7 atmosphères environ; la déchirure s'est produite exactement suivant la longueur totale d'une rivure nouvellement faite. La force de l'explosion fut telle que la chaudière, arrachée à son revêtement maçonné, fut projetée à travers le toit et le mur jusque dans la cour de la maison.

Zeitschrift des Oesterr. Ingenieur-und Architekten-Vereines (n° 45, 5 novembre 1897) : CARL HABERMANN. — *La machine compound à balancier de l'usine d'argent et de plomb à Pribram.* — Jusqu'à l'année 1890 l'usine d'argent et de plomb à Pribram ne disposait pour le service des hauts-fourneaux, en dehors d'une machine à vapeur horizontale de construction ancienne, d'une force de 45 chevaux, qui avait été installée en 1869, et qui servait surtout de réserve, que d'une machine verticale à deux cylindres, système Woolf, d'environ 75 chevaux indiqués.

Dans cette dernière machine, dont les deux cylindres sont

aussi près que possible l'un de l'autre, le diamètre du petit cylindre est de 475 millimètres, et la course du piston de 1.133 millimètres ; le grand cylindre a 790 millimètres, et son piston a une course de 1.580 millimètres.

Les deux cylindres à double effet de la soufflerie ont 1.660 millimètres de diamètre, avec une course de piston de 1.580 millimètres.

Cette machine de Woolf peut faire au maximum 20 tours par minute et fournit 252^{m3},6 d'air à la pression de 65^{mm},8 de mercure.

Lorsqu'en 1890 on s'aperçut que la machine horizontale de réserve était insuffisante pour le service des hauts-fourneaux, on décida d'installer une nouvelle machine verticale, qui fut mise en fonctions en 1891.

Cette nouvelle machine est à deux cylindres du système compound ; elle actionne deux balanciers, qui mettent en mouvement, à l'autre extrémité, les deux cylindres verticaux de la soufflerie.

Les deux cylindres à vapeur sont situés à 3 mètres l'un de l'autre ; ils ont les dimensions suivantes :

Cylindre à haute pression	diamètre.........	450^{mm}
	course du piston..	1.500
Cylindre à basse pression	diamètre.........	700
	course du piston..	1.500

Le rapport des volumes des deux cylindres est de $\frac{1}{2,42}$.

Des expériences ont été faites sur les deux machines, Woolf et compound, au point de vue de la consommation de charbon et de vapeur ; voici les résultats qu'elles ont donnés :

	MACHINES	
	COMPOUND	WOOLF
Nombre de chaudières allumées	2	2
Surface de grille des deux chaudières	4^{m2},48	4^{m2},48
Surface de chauffe totale des deux chaudières	124 ,15	125 ,12
Durée de l'essai	6 heures	2^h,25'
Consommation de charbon	1.600 kg.	1.300 kg.
— d'eau	5.150	5.270
Température de l'eau d'alimentation	10°	14°,5
Pression moyenne de la vapeur	6 atm.	6 atm.
Consommation de charbon par heure et par mètre carré de surface de grille	59^{kil},5	53^{kil},57
Consommation de charbon par heure et par mètre carré de surface de chauffe	2 ,14	1 ,93
Production de vapeur par mètre carré de surface de chauffe	6 ,91	6 ,74
Nombre moyen de tours par minute	15,8	17,4
Pression de l'air insufflé en colonne de mercure	80^{mm}	75^{mm}
Puissance indiquée de la machine	75^{ch},32	66^{ch},1
Consommation de charbon par heure et par cheval	3^{kil},54	3^{kil},63
Consommation de vapeur par heure et par cheval	11 ,39	12 ,76

Il résulte de cette expérience que le travail indiqué de la machine Woolf (66^{ch},1) s'est trouvé plus faible de 9^{ch},2 que celui de la machine compound; au contraire, la consommation de charbon et de vapeur par cheval et par heure a été plus élevée pour la machine Woolf que pour la machine compound. L'économie de vapeur de cette dernière par rapport à la première est de 1^{kg},37 par cheval et par heure, soit 10,74 0/0.

En outre, en considérant les résultats obtenus pendant quatre années consécutives, de 1892 à 1895, pour la machine compound, et pendant cinq années, de 1886 à 1890, pour la machine Woolf, on a trouvé, pour la consommation moyenne de charbon et de vapeur par cheval et par heure, les chiffres suivants :

Machine Woolf.

Dépense moyenne de charbon...... 2^{kg},26
— — vapeur....... 13 ,52

Machine compound.

Dépense moyenne de charbon......		1kg,75
—	— vapeur.......	10 ,53

Ces chiffres accusent une économie de la machine co[m]pound par rapport à la machine Woolf, qui est de 22,57 0/0 en ce qui concerne le charbon, et de 23 0/0 en ce qui conc[erne] la vapeur.

G. H.

IX. — Électricité appliquée.

Elektrotechnische Zeitschrift (10 février 1898) : *Revue : Tr[action] sur les canaux.* — La question de la traction électrique d[es] bateaux sur les canaux a excité, dans ces dernières an[nées] un grand intérêt. Deux systèmes sont en présence. Dans [le] premier, l'appareil moteur est placé sur le bateau lui-même [ou] sur un remorqueur spécial; le courant est amené par une li[gne] aérienne comme pour les tramways, et la propulsion est o[bte]nue à l'aide d'une hélice. Dans le second, le bateau est h[alé], soit par une locomotive suivant le chemin de halage sur [des] rails ou sur la chaussée, soit par un tracteur circulant sur [des] câbles métalliques. L'emploi du deuxième système paraît [être] le plus avantageux à tous les points de vue. MM. Martin [et] Sachs ont calculé que les frais de traction dans les deux [cas] sont dans le rapport de 24 à 21. Les tracteurs funiculaires s[us]pendus à des câbles ont été employés d'abord pour le tra[ns]port d'arbres coupés dans des endroits difficilement accessibl[es]; récemment cette méthode a été appliquée par un ingénie[ur] américain, Richard Lamb, à la traction des bateaux sur plusie[urs] canaux en Amérique et en Allemagne. Voici, en quelques m[ots], la description de ce système. La locomotive est suspendu[e à] un câble fixe; son moteur actionne un tambour autour duqu[el] le câble tracteur fait quelques tours. Les câbles sont support[és] par des potences fixées à des poteaux (dans certains cas, e[n] Amérique, pour transporter des troncs d'arbres dans les forêts, on se contente de les fixer aux arbres voisins). Ces potences ont la forme d'un V dont le sommet est tourné vers le bas. C[e] sommet forme ainsi une espèce de selle sur laquelle repose librement le câble tracteur. Ce dernier est soulevé de la selle à l'approche du locomoteur et y retombe de nouveau quand

le locomoteur est passé. Il n'est pas nécessaire d'amarrer les extrémités du câble tracteur d'une façon particulièrement solide; son frottement sur les selles qui le supportent suffit, sur la plus grande partie du parcours, pour empêcher son glissement sous l'action de l'effort de traction; ainsi dans un cas particulier, avec un câble de 18 millimètres, les essais ont montré une résistance de frottement de 1^{kg},5 par mètre courant de câble. Les parties de la potence-support qui viennent en contact avec le câble porteur (fixe) et le câble tracteur sont en matière isolante convenable, notamment en fibre préparée sous une très haute pression et recouverte d'un vernis isolant; la résistance d'isolement d'une selle a été trouvée, dans le cas cité plus haut, égale à 300.000 mégohms. Les roues du locomoteur qui roule sur le câble porteur sont isolées des autres parties de la machine. En dehors du moteur et des engrenages qui actionnent le tambour, le tracteur est pourvu d'un rhéostat de mise en marche, d'un coupe-circuit et d'un inverseur de courant. Le courant est amené par le câble porteur; le câble tracteur, mis à la terre à ses extrémités, sert de conducteur de retour. La première application de ce système à la traction des bateaux sur les canaux a été faite à Trenton sur le canal « Delaware and Rarita » et plus tard sur le canal Erie. Les locomoteurs employés pèsent 1 tonne; l'axe du moteur est vertical. Le courant est emprunté à une ligne de tramways voisine sous une tension de 500 volts. Aux courbes les locomoteurs sont guidés par des rails latéraux.

On doit signaler aussi une ligne de ce genre établie sur un canal d'Allemagne. Le locomoteur a une longueur de 1^{m},5 et pèse 500 kilogrammes. Un moteur de 5 chevaux, 500 volts, actionne le tambour par l'intermédiaire de roues d'engrenages avec double réduction. Une série d'essais a donné, sous 220 volts de tension, une vitesse de 3,7 km : h. avec un effort de traction sur l'amarre de 350 kilogrammes. M. Lamb recommande l'emploi de locomoteurs dont la manœuvre se fait du bateau lui-même à l'aide d'un cordon. Le coupe-circuit, au repos, est maintenu ouvert par un ressort; en tirant sur le cordon, on ferme le circuit; en même temps le ressort se comprime et la manette du rhéostat se déplace automatiquement sous l'action de l'effort de traction; le sens de rotation du moteur est opposé au sens de l'effort de traction. Si deux bateaux se croisent, ils n'ont qu'à échanger leurs locomoteurs en se passant mutuellement les cordons de manœuvre.

Elektrotechnische Zeitschrift (24 février 1898) : *Revue : Éclairage électrique des wagons postaux sur les chemins de fer.* — L'article résume brièvement les résultats d'expérience de ces dernières années relativement à l'éclairage électrique des voitures postales sur les chemins de fer allemands. Ce qu'on recherche dans ce cas pour les lampes à incandescence, ce n'est pas la durée, mais la faible consommation spécifique de courant. Les ampoules sont donc choisies grandes pour réduire l'encrassement du verre qui affaiblit la lumière, et la durée normale des lampes n'est que de 200 heures. Les accumulateurs employés sont du système Boese; pour une voiture de 10 mètres, pourvue de 6 lampes fixes et de 1 lampe transportable de 12 bougies, la batterie comprend 16 éléments de 9 plaques chacun, disposés dans 4 caisses, et pèse 184 kilogrammes; sa capacité est de 120 ampère-heures. Il y a actuellement 18 stations en fonctionnement pour la charge de ces batteries et trois en construction. La charge se fait sous 45 volts. Généralement on ne dispose que de tensions de 100 à 110 volts ou même de 200 à 220 volts, ce qui oblige à mettre en tension deux ou quatre batteries présentant des degrés de décharge différents, et il en résulte tantôt des charges incomplètes, tantôt des surchages, — circonstance très défavorable au point de vue de la durée des batteries. L'application de la distribution à trois fils, indiquée par M. Arpurth, permet de remédier à cet inconvénient sans grandes pertes d'énergie. Entre les deux barres du tableau de charge à 100 volts, on intercale une troisième barre servant de fil d'équilibre. On répartit les batteries à charge, sur les deux ponts ainsi formés, en cherchant à équilibrer à peu près les deux groupes; on achève l'égalisation des charges de ces ponts à l'aide d'un rhéostat qu'on ajoute en dérivation sur le pont où la différence de potentiel est la plus élevée. En outre, chaque batterie est pourvue d'un rhéostat de charge individuel qui permet de réaliser à ses bornes le voltage qui convient à l'état de sa charge.

D'après les chiffres relevés dans 9 de ces stations, qui fournissaient l'énergie électrique à 627 voitures postales, le coût d'une lampe-heure de 12 bougies, tous frais compris, ressort à 0 fr. 044, tandis que le coût d'une lampe-heure brûlant du gaz riche est de 0 fr. 0562. L'électricité joint donc ici à tous ses autres avantages pratiques celui de l'économie.

—— (27 février 1898) : *Voiture automobile électrique.* — Description succincte d'une voiture électrique construite par une fabrique

de bicyclettes américaine. Le châssis est formé de tubes d'acier comme ceux des cadres de bicyclettes, tous les paliers sont à rouleaux; les roues sont à rayons tangentiels et à pneumatiques gonflés sous 8 atmosphères. L'induit du moteur est fixé sur un arbre creux dans lequel passe l'essieu d'arrière de la voiture, muni d'un différentiel. La batterie comprend 14 éléments logés dans 4 caisses en bois et installées en permanence dans la voiture, même pendant la charge. La charge des accumulateurs se fait sous 65 volts ou 110 volts; l'état de la charge est marqué par un indicateur de watts-heures; quand la charge est complète, le courant est interrompu automatiquement. Le régulateur permet de réaliser trois vitesses différentes; la vitesse maxima est de 20 kilomètres à l'heure. L'énergie emmagasinée est suffisante pour parcourir, sur une route unie, une distance de 45 kilomètres. Le poids de la batterie est de 400 kilogrammes; celui de la voiture complète, environ 800 kilogrammes. La manœuvre de la voiture est extrêmement facile et peut être confiée à une personne dépourvue de toutes connaissances techniques. Les voitures de ce modèle essayées jusqu'à présent ont donné, paraît-il, les résultats les plus satisfaisants.

Elektrotechnische Zeitschrift (3 mars 1898): F. Uppenborn. — *Nouvelles usines électrique de Munich.* — La ville de Munich va être prochainement dotée de nouvelles installations très importantes pour la production et la distribution de l'énergie électrique. Jusqu'à présent il existait plusieurs petites stations électriques dont le développement était entravé par le monopole de la compagie du gaz. Ce monopole prenant fin en 1889, une société a obtenu de la ville la concession d'une usine électrique pour courant alternatif, déjà en construction et qui alimentera 5 sous-stations, et de deux autres usines de moindre importance pour courant continu, qui existent déjà, mais que la société se propose d'agrandir considérablement. Le coût des installations projetées est évalué à 10 millions de francs. L'usine principale de la rue de Staub est destinée à recevoir 6 grands alternateurs monophasés de 800 kilowatts chacun, faisant 93 tours par minute, actionnés par 6 machines à vapeur, à triple expansion, de 1.200 chevaux chacune. Trois groupes doivent être installés immédiatement; trois autres le seront plus tard. Le courant sera produit sous une tension de 5.000 volts, à la fréquence de 100 périodes. Ce courant sera amené dans les sous-stations où

il sera transformé par des convertisseurs tournants en cou[rant] continu sous 270 volts, qui sera livré à la consommation s[ous] cette tension. On ne livrera le courant sous 5.000 vo[lts] qu'exceptionnellement pour des grands moteurs, comme p[ar] exemple ceux de l'usine frigorifique des abattoirs deman[dant] 200 chevaux. Chaque sous-station sera pourvue d'une batt[erie] d'accumulateurs de capacité proportionnée à son débit, da[ns] le but de régulariser la charge de l'usine centrale. Deux [des] sous-stations comprendront chacune 2 convertisseurs t[our]nants de 370 kilowatts, avec une batterie de 144 éléments, d'u[ne] capacité de 4.536 ampère-heures, pouvant supporter un d[ébit] maximum de 1.512 ampères. Deux autres sous-stations se[ront] d'une moindre importance.

Pour amener les convertisseurs des sous-stations au sy[n]chronisme, on les fera fonctionner comme moteurs en [y] lançant le courant des batteries d'accumulateurs.

Une deuxième usine génératrice, celle de Muffat, foncti[onne] déjà et est destinée à desservir le réseau d'éclairage pu[blic] (600 chevaux) et celui des tramways électriques (1.400 chev[aux]). Elle fournit le courant continu sous 600-640 volts. C'est s[ous] cette tension que seront alimentés les tramways et les arcs d[es] rues, mais pour tous les autres usages la tension sera abaiss[ée] à 220 volts, et le courant distribué à 3 fils. Actuellement ce[tte] usine comprend deux groupes à moteurs-pilons de 350 chev[aux] et un de 700 chevaux. Un quatrième groupe de 700 chevaux [est] en construction. Pour les mêmes usages on pourra emplo[yer] encore le courant produit par l'usine hydraulique de la Maxim[i]lian Strasse, pourvue de deux turbines de 225 chevaux et pr[o]duisant le courant sous 640 volts.

L'usine de Muffat sera aménagée en même temps po[ur] jouer le rôle de sous-station par rapport à l'usine à co[u]rants alternatifs ; à cet effet elle sera pourvue de deux conv[er]tisseurs tournants, qui seront utilisés soit pour charger l[es] accumulateurs, soit pour fournir le courant directement à l[a] consommation. Ajoutons qu'une quatrième usine, hydrauliq[ue] celle-là, doit être installée, dans un avenir plus ou moi[ns] éloigné, sur l'Isar, à une certaine distance de la ville ; sa pui[s]sance prévue est de 3.600 chevaux.

Elektrotechnische Zeitschrift (10 mars 1898) : *Revue : La tractio[n] électrique à Berlin.* — Cet article donne un court aperçu de l'éta[t] actuel de la question de la traction électrique à Berlin. Jusqu'[à]

sent Berlin était resté, au point de vue de la traction élecque, très en arrière sur les autres villes d'Allemagne. Cela ait à des causes multiples. En dehors de l'importance et de complexité des intérêts en jeu qui rendaient les pourparlers s laborieux, la difficulté la plus grande était de trouver un bon tème d'exploitation, le trolley avec canalisation aérienne étant solument proscrit dans toute la partie centrale de la ville par ison d'esthétique. A titre d'essai, la Compagnie des tramways traction animale de Berlin, de concert avec la municipalité, ablit pour l'exposition de 1896 deux lignes avec canalisation rienne sur une partie du parcours et souterraine sur le ste; en même temps, la maison Siemens et Halske construit une troisième ligne analogue. Mais les résultats ne répondirent pas à ce qu'on espérait: des accidents fréquents sur les rties à canalisation souterraine troublaient le service. Pendant temps, l'expérience faite à Hanovre et à Dresde sur le sysme mixte à trolley et accumulateurs ayant réussi, la Compagnie s tramways à traction animale a proposé à la ville de transrmer toutes ses lignes en lignes électriques exploitées suiant ce système mixte, et, ayant obtenu la prorogation de sa oncession, s'est mise immédiatement à l'œuvre; le 1er mars e cette année, elle inaugurait sa première ligne Alexanderlatz-Schœneberg. Cette ligne se partage en trois tronçons, ongs de 1.620 mètres, 3.270 mètres et 1.950 mètres, les deux tronçons extrêmes étant seuls munis du fil aérien. Les voitures à quatre essieux ont un poids total de 16 tonnes; la batterie pèse $2^{T},6$ et est calculée de façon que l'énergie emmagasinée soit suffisante pour un parcours aller et retour du plus grand tronçon qui devra être desservi par accumulateurs sur les différentes lignes prévues, de façon qu'il n'y ait qu'un seul type d'équipement et qu'en cas d'accidents sur ce tronçon la voiture puisse revenir en arrière jusqu'au fil aérien. Les voitures ont une longueur de $10^{m},2$ et comprennent 28 places assises et 12 places debout. Dans trois ou quatre ans tout le réseau de la Compagnie de tramways de Berlin sera transformé et aménagé pour ce genre de traction électrique. Sur la longueur totale du réseau de 297 kilomètres, 42 kilomètres, soit 14 0/0, seront desservis par les accumulateurs. Au contraire dans les faubourgs plusieurs lignes seront desservies sur tout leur parcours par la canalisation aérienne.

avril 1891 et terminé en mai 1897. C'est un vaste bâtiment rectangulaire, de $137^{m},74$ de longueur, $81^{m},20$ de largeur et $24^{m},70$ de hauteur moyenne, couvrant une surface de 7.431^{m},q. Il a été construit sur les plans de l'architecte *Friedrich von Thiersch.*

Oesterreichische Monatschrift für den öffentlichen Baudienst (mai 1897) : Theodor Rogge. — *La fontaine d'Hercule à Augsbourg.* — Courte description, avec une planche à l'appui, d'une fontaine monumentale, avec groupes de statues, établie à Augsbourg, en 1602, par Adrien de Vries, qui reçut en tout pour son travail une somme de 15.000 francs.

La hauteur du fût de la fontaine est de 5 mètres, et celle du groupe qui la surmonte est de 3 mètres ; le poids en est de 8.000 livres. En 1826, la fontaine a été entièrement réparée ; les travaux ont duré deux ans et ont coûté 13.860 francs.

—— *Le théâtre de l'Ouest à Berlin.* — Compte rendu, avec une planche d'atlas à l'appui, de la construction de ce théâtre, qui contient 800 places, de chacune desquelles, paraît-il, on peut très bien voir la scène. Celle-ci a 25 mètres de profondeur, 21 mètres de largeur ; elle est munie de tous les perfectionnements modernes en ce qui concerne les effets d'éclairage, les changements de décor, etc.

—— Gustave Sachs. — *Projet d'église grecque catholique à Zastawna (Bukowina).* — Compte rendu, avec trois planches d'atlas à l'appui, d'un projet d'église en bois de $9^{m},80$ de hauteur sur le toit, avec une coupole de $25^{m},70$ de hauteur totale. La surface couverte est seulement de 20 mètres carrés ; l'église peut contenir 300 personnes, et les dépenses sont évaluées à 18.900 francs.

—— F. Bayer. — *Les constructions en béton de la fabrique de ciment de Beocsin.* — Ces nouvelles constructions comprennent : 1° un moulin dont le mur de face a $9^{m},40$ de hauteur avec une épaisseur de 0,35 ; 2° un nouveau bâtiment des machines de $7^{m},50$ de hauteur sous plafond, dont les murs ont $0^{m},45$ d'épaisseur ; 3° une nouvelle maison d'habitation pour les artisans, avec murs principaux de $0^{m},45$ d'épaisseur. L'article donne, avec figures à l'appui, tous les détails de ces constructions, exécutées entièrement en béton.

—— A. Meissner. — *Maison d'habitation à Bombay.* — Compte rendu, avec figures à l'appui, de constructions diverses établies

à Bombay ; nous citerons, par exemple, la gare Victoria, établie en 1888 par l'architecte F.-W. Stewens, dans le style gothique italien, avec de riches motifs d'ornementation orientale, en marbre blanc et rouge. Cette seule construction a coûté 7.560.000 francs. Aucune riche Compagnie américaine de chemins de fer, ni aucune administration européenne ne se serait offert un pareil luxe, qui est habituel aux Anglais à Bombay.

Oesterreichische Monatschrift für den öffentlichen Baudienst (août et septembre 1897) : MARKUS DALF. — *La caserne du grand-duc Frédéric et l'hôpital militaire à Teschen.* — Compte rendu, avec cinq planches d'atlas à l'appui, des travaux exécutés pour ces deux établissements, qui comprennent, pour la caserne 10 bâtiments, savoir : 1° bâtiment des officiers et de l'administration ; 2° bâtiment des sous-officiers ; 3° trois bâtiments pour la troupe ; 4° remise de voitures ; 5° maison d'arrêt ; 6° bâtiment pour le fourrage et l'équipement des chevaux ; 7° écurie ; 8° magasin ; pour l'hôpital, cinq bâtiments, savoir : 1° administration ; 2° pavillon des malades ; 3° pavillon d'isolement ; 4° morgue ; 5° glacière.

Les dépenses se sont élevées à 237.000 francs pour l'hôpital, et 1.530.000 francs pour la caserne.

— (Août 1897) : ROGGE. — *Le monument de l'Empereur près du château de la Liberté, à Berlin.* — Ce monument est établi sur une place un peu élevée, de 80 mètres de longueur et de 45 mètres de profondeur, sur la rive de la Sprée. Il comporte une statue équestre de l'Empereur, établie en avant du centre d'une colonnade circulaire. Le premier projet présenté pour ce monument devait coûter 10 millions de francs. Le Reichstag n'ayant alloué qu'une somme de 5 millions, une nouvelle étude a été faite et réalisée sur cette base.

— (Septembre 1897) : G.-A. HORST. — *Les nouvelles constructions du palais de verre à Munich.* — Compte rendu, avec figures et deux planches photographiques, des travaux exécutés par M. Emmanuel Seidl pour l'Exposition internationale des Beaux-Arts, en 1897, à Munich. Le palais de verre, qui sert toutes les années à des expositions, s'étant trouvé insuffisant pour celle de 1897, a été considérablement augmenté par des constructions nouvelles.

Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur und Architekten-Vereines (n° 20, 14 mai 1897): Auguste Prokop. — *La reconstruction du Burgtheater.* — Rapport présenté au sujet de la reconstruction du *Burgtheater* de Vienne. Ce théâtre, construit sur les plans de l'architecte Semper et décoré par les soins du baron Hasenauer, est d'un luxe et d'une richesse difficiles à imaginer; il a coûté 18.900.000 francs. Mais ses proportions sont extrêmement défectueuses, et l'auteur de l'article signale ainsi ses principaux défauts:

1° La forme malheureuse du plan, en forme de lyre;

2° La hauteur tout à fait inusitée de la salle;

3° La disposition défavorable de la toiture, qui ne correspond pas au proscenium et à la salle.

4° La trop grande hauteur des étages, conséquence de la hauteur de la salle;

5° La mauvaise orientation des loges, et leur trop faible largeur;

6° La mauvaise acoustique, etc., etc.

Les dimensions de la scène sont les suivantes: largeur du cadre, 11 mètres; largeur entre les murs, 31 mètres; profondeur, 21 mètres; superficie, 651 mètres carrés; profondeur de l'arrière-scène, 14 mètres.

On a dépensé environ 525.000 francs pour remédier aux défauts principaux, tels que l'orientation des loges et l'acoustique.

Zeitschrift für Bauwesen (1897, fascicules 10 à 12): *La clinique chirurgicale de l'université de Marbourg.* — Description, avec trois planches d'atlas, des travaux de construction de la clinique chirurgicale de l'Université de Marbourg, comprenant deux bâtiments pour les malades, un bâtiment pour les opérations, un bâtiment pour l'enseignement, un bâtiment de service et diverses annexes. La dépense totale effectuée est de 743.500 francs. Comparée au nombre de lits installés (56), la dépense est de 2.452 francs par lit; par rapport aux places du bâtiment d'opérations, elle est de 1.143 fr. 75 par place: pour le bâtiment de service (112 malades), elle est de 240 francs par malade.

—— Mayer. — *L'école industrielle de Guillaume à Stuttgart.* — Description, avec trois planches d'atlas à l'appui, des travaux de construction de l'école industrielle de Stuttgart. Dépense totale de construction: 600.625 francs. Mobilier, éclairage

matériel : 45.000 francs. Dans le bâtiment de l'école proprement dite, dont la capacité est de 21.810 mètres cubes, le prix de revient du mètre cube est de 21 fr. 55 ; dans la salle de gymnastique, qui contient 4.334 mètres cubes, le prix du mètre cube est de 15 fr. 30.

Zeitschrift für Bauwesen (1897, fascicules 10 à 12) : LODEMANN. — *Le toit de la coupole au-dessus de la salle des séances du Reichstag, à Berlin.* — Description, accompagnée de quatre planches d'atlas, du toit de la coupole de la salle des séances du Reichstag. Cette coupole présente en plan la forme d'un rectangle, ayant 38^{m},74 sur 34^{m},725 ; la hauteur des fermes qui supportent le toit est de 16^{m},30. Le poids total de la coupole proprement dite, en fer, acier, bronze et fonte, est de 370 tonnes ; on compte en outre 41^{T},5 pour la lanterne, de sorte que, pour la surface couverte de 1.345 mètres carrés, le poids par mètre carré est de 305 kilogrammes.

G. H.

PÉRIODIQUES ANGLAIS.

II. — MATÉRIAUX ET PROCÉDÉS GÉNÉRAUX DE CONSTRUCTION.

American Society of civil Engineers (décembre 1897) : G. WILLSON. — *L'asphalte et les pavages en asphalte.* — L'auteur se livre à l'étude des différents gisements d'asphalte qui se trouvent en Amérique, et de l'emploi de cette matière pour la constitution des chaussées ; l'usage de l'asphalte prend aux États-Unis un développement considérable, et on peut estimer à plus de 22.990.000 mètres carrés la surface des chaussées en asphalte actuellement en service aux États-Unis.

Engineering News (janvier-mars 1898) : *Établissements du Creusot.* — Une longue série d'articles, accompagnée de nombreux dessins, est consacrée à l'historique du développement des Établissements du Creusot et à la description des installations actuelles.

Minutes of Proceedings of the Institution of civil (1897, t. IV) : D. Hay et M. Fitz Maurice. — *Tunnel de* — Cet ouvrage (Pl., page 420 *bis*), dont le projet défi arrêté en 1891, a 1.889^m,70 de long, y compris les a 371^m,85 sous la Tamise.

Il présente en profil en long des pentes de 0^m,028 du côté du Middlessex et de 0^m,027 par mètre du côté La largeur de la chaussée est de 4^m,88, non compris trottoirs, et elle est placée dans un gabarit circulaire de diamètre.

Le passage souterrain de Blackwall comprend des acc ouvert, une partie de tunnel exécutée en tranchée blayée ultérieurement, et enfin une partie centrale à l'air comprimé et comportant l'emploi d'un tube mét

Dans les accès, les murs de soutènement sont en bét parement en briques et chape en asphalte de 0^m,039 d'ép pour assurer l'étanchéité de la maçonnerie.

Les sections exécutées en tranchée comportent quat leaux de briques noyés dans un massif de béton, toujour chape en asphalte. Les épuisements ont nécessité au max l'enlèvement de 681^m,525 par heure.

La section faite à l'air comprimé a été attaquée au moy quatre puits verticaux de 14^m,68 de diamètre intérieur, ces étant descendus aux points correspondant aux changemen direction de l'axe de l'ouvrage, soit en plan, soit en profil en

Le travail de percement du tunnel a été exécuté au m d'un bouclier en acier de 5^m,95 de longueur et de 8^m, diamètre, pesant 250 tonnes.

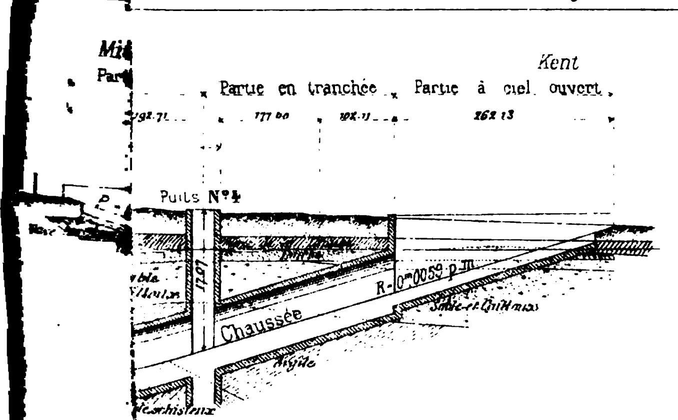
La force maxima développée par des presses hydrau pour déplacer ce bouclier a atteint 5.165 tonnes.

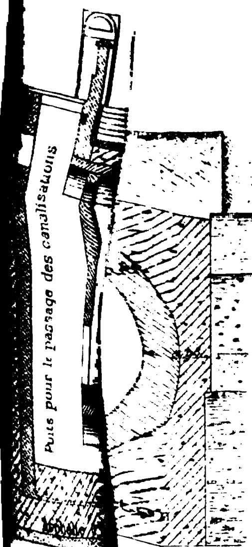
Le tube en fonte, constituant le tunnel et noyé dans un m de béton, a sur une partie de la longueur 0^m,05 d'épaisseur présente des brides de 0^m,30, ayant de 0^m,05 à 0^m,07 d'épais Sur une autre partie, son épaisseur est réduite à 0^m,03 brides de 0^m,25 présentant une épaisseur de 0^m,03 à 0^m,0

Chaque anneau a 0^m,76 de long et se compose de qu segments qui pèsent de 15^T,036 à 10^T,668.

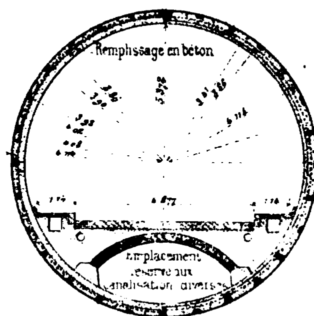
L'air comprimé était fourni par six machines, ayant force totale de 1.500 chevaux et envoyant 382 mètres cu d'air par minute.

Le bouclier passant en certains points à 1^m,52 seulement fond du fleuve, on a dû effectuer dans le lit de la Tamise





Coupe E F



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque Paris

remblai d'argile de 137^{m},15 de longueur, 5^{m},72 de largeur et de 3^{m},05 de hauteur maxima, afin que la faible couche de terrain naturel ne soit pas traversée par l'air.

Le travail s'est poursuivi dans les meilleures conditions avec une grande rapidité ; on a pu faire jusqu'à 152^{m},40 d'avancement en deux mois, et, par moments, on est arrivé à faire jusqu'à 4^{m},38 d'avancement par jour.

La dépense totale a été au-dessous de l'évaluation faite, qui s'élevait à 21.967.752 francs.

Les prix payés ont été :

Par mètre : 10.590 francs pour le tunnel à air comprimé avec tube de fort échantillon;

8.819 francs, pour le tunnel fait à l'air comprimé avec tube de faible échantillon, ou fait en tranchée dans les profondeurs de plus de 12^{m},80;

4.881 francs, pour le tunnel fait en tranchée dans les profondeurs de moins de 12^{m},10;

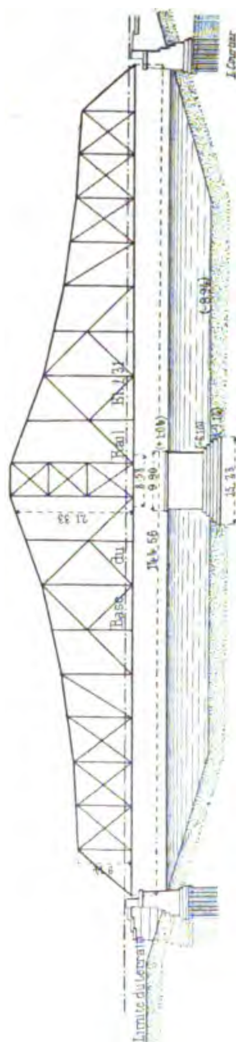
3.094 francs, pour les accès à ciel ouvert.

Ces prix ne comprennent pas l'exécution de la chaussée.

[Sci]entific American (11 décembre 1897) : *Scaphandre Buchanan-Gordon.* — Le nouvel appareil dont il est rendu compte se compose essentiellement d'un vêtement en métal Delta (bronze phosphoreux de grande résistance), susceptible de résister à une grande pression extérieure, ce qui permet de maintenir la pression de l'air envoyé dans le scaphandre à une valeur beaucoup moins élevée que celle qui résulte de la hauteur d'eau dans laquelle on plonge. Une soupape est maintenue dans l'eau à la hauteur correspondant à la pression à obtenir dans l'intérieur du scaphandre et règle, par suite, cette pression. Au moyen de cet appareil, le plongeur Walker a pu rester sans fatigue cinquante minutes dans des fonds de 57^{m},60, alors qu'auparavant il n'était jamais descendu dans des fonds de plus de 40 mètres.

[Str]eet Railway Journal (mars 1898) : *Emploi de l'asphalte.* — L'auteur donne quelques conseils pratiques sur l'emploi de l'asphalte ; il conclut en recommandant l'emploi de chaudrons de 150 litres de capacité, pour faire fondre les matières avant l'emploi.

III. — Routes. — Ponts et Viaducs.



Pont tournant pour chemins de fer sur le Canal de Chicago.

Engineering News (7 octobre 18[illegible]
Le nouveau pont Victoria à Bri[illegible]
(*Australie*). — Cet ouvrage, d[illegible]
est donné plusieurs vues, se c[illegible]
pose de six travées de 51m,81,
a une longueur totale de 317m[illegible]

Les poutres longitudinales s[illegible]
au nombre de trois, compren[illegible]
entre elles deux voies charreti[illegible]
de 7m,31 de largeur; deux trott[illegible]
de 2m,74 sont placés en encor[illegible]
lement.

Le tablier se compose de [illegible]
verses en acier, s'appuyant [illegible]
les poutres maîtresses, et re[illegible]
vertes d'un pavage en bois exé[illegible]
sur bain de mortier.

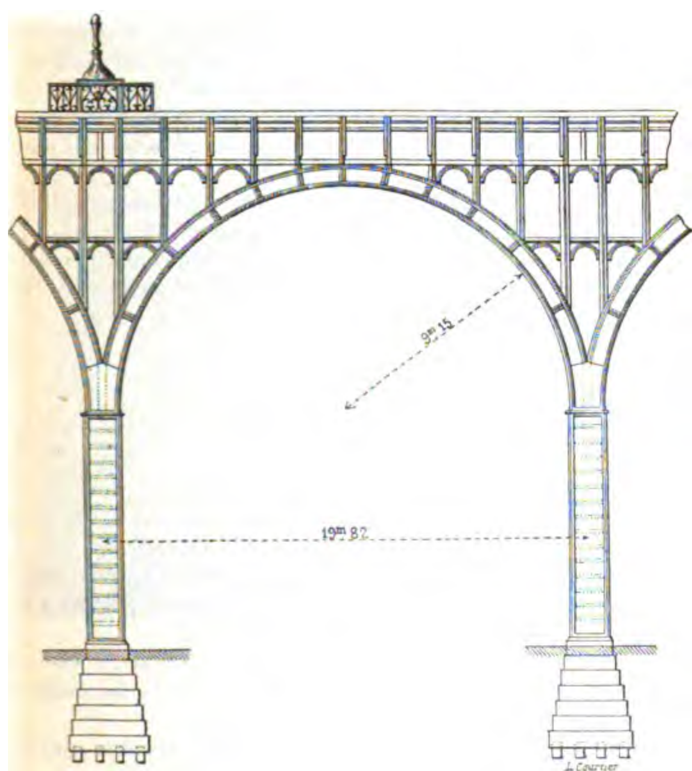
Les culées sont en maçonner[illegible]
les piles intermédiaires se c[illegible]
posent de trois cylindres en f[illegible]
foncés jusqu'au rocher; le m[illegible]
mum de profondeur où celui-c[illegible]
rencontre est de 29m,49 sous l[illegible]
eaux. Le diamètre des cylin[illegible]
est de 3m,05 depuis le rocher j[illegible]
qu'au niveau du sol, de 1m,5[illegible]
ce niveau jusqu'au niveau [illegible]
hautes eaux, et de 2m,13 au de[illegible]

Le poids du fer et de l'a[illegible]
entrant dans la superstructure [illegible]
de 3.368.040 kilogrammes. La [illegible]
pense totale a été de 2.869.781 fr[illegible]
non compris une somme [illegible]
798.000 francs, consacrée [illegible]
expropriations des abords.

—— (2 décembre 1897): *Ponts t*[illegible]
nants pour chemins de fer s[illegible]
canal de Chicago. — Le canal de drainage de Chicago est fr[illegible]
chi par cinq lignes de chemins de fer, au moyen de p[illegible]

tournants, à deux volées et à pivot central. Le plus grand de ces ponts est destiné au passage du Chicago, Madison and Northern Railway. Sa longueur totale est de 144m,56, et sa largeur de 4m,61. La pile centrale, qui a 9m,90 de diamètre, supporte une plaque tournante de 8m,53 de diamètre, supportée par 56 roulettes de 0m,46 de diamètre et de 0m,305 de largeur.

Engineering Record (8 janvier 1898) : *Viaduc de Riverside.* — La longueur totale de l'ouvrage est de 631m,52 ; le niveau de



Viaduc de Riverside.

la chaussée est à 22m,86 au-dessus de l'eau ; sa largeur est de

18^{m},29, non compris deux trottoirs en encorbellement de 3^{m} de largeur.

La dépense est évaluée à 2.992.500 francs.

Minutes of Proceedings of the Institution of civil Engi… (1897, t. IV): W.-H. Burr. — *Pont tournant sur le ca*… *Harlem*. — Le canal de Harlem, qui joint l'Hudson à l'… River, a 112^{m},77 de largeur et 5^{m},49 de tirant d'eau en … eaux.

Un pont tournant a été établi sur le canal pour le passa… la route de Kingsbridge. La travée mobile démasque … passes de 31^{m},80, en tournant autour d'une pile central… 16 mètres de largeur; deux travées fixes de 30^{m},48 de l… donnent accès. La hauteur du tablier au-dessus des hautes … est de 8 mètres, ce qui permet le passage des chalands … faire tourner le pont.

Le mouvement est obtenu par des appareils hydrauli… commandés par une machine à vapeur de 45 chevaux; p… être à l'abri de l'effet de la gelée, le liquide comprimé co… 40 0/0 de glycérine. Le prix total de l'ouvrage a été … 2.102.234 fr. 20.

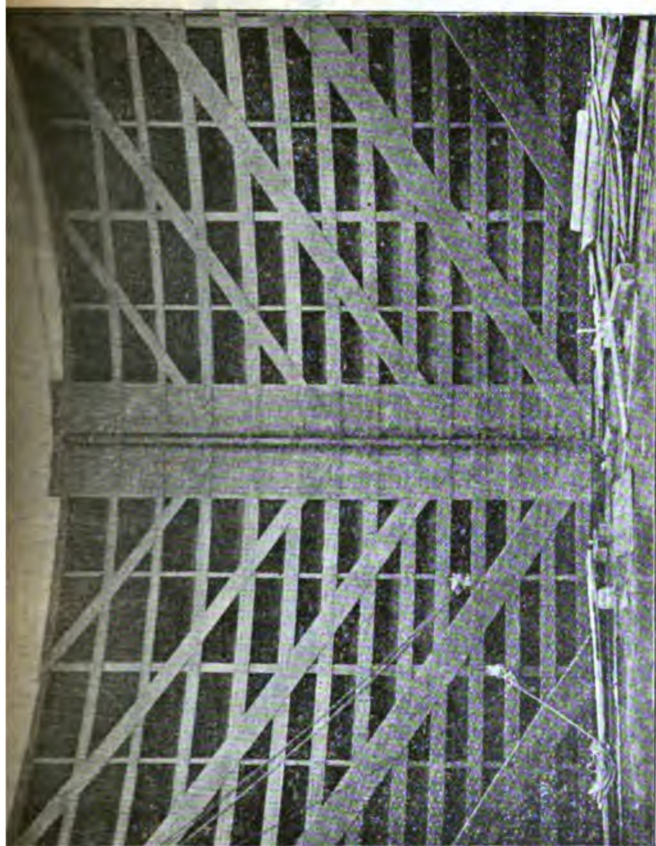
IV. — Navigation intérieure.

Engineering News (21 décembre 1897) : *Portes de l'écluse … canal des Cascades* (*Orégon*). — Le canal des Cascades, constr… pour racheter la chute qui se produit sur la rivière Colum… comporte une écluse ayant 7^{m},31 de chute, 158^{m},80 de l… gueur et 18^{m},29 de largeur.

On a donné le choix, pour fermer les écluses, à des por… busquées de forme circulaire; le rayon de la face intérieu… est de 23^{m},19.

Chaque vantail a 16^{m},53 de longueur, mesurée suivant … corde; la hauteur des vantaux varie suivant les portes ent… 17^{m},90 et 16^{m},46. L'ossature métallique se compose d'un cad… avec de nombreuses entretoises horizontales, supportant … bordé unique placé vers l'amont; du côté aval sont placés …

certain nombre de contreventements diagonaux ; trois poutres verticales intermédiaires achèvent de raidir l'ensemble.



Portes de l'écluse du Canal des Cascades (Orégon).

Le poids d'un des vantaux, de $16^{m},46$ de hauteur, est de 130 tonnes.

V. — Travaux maritimes.

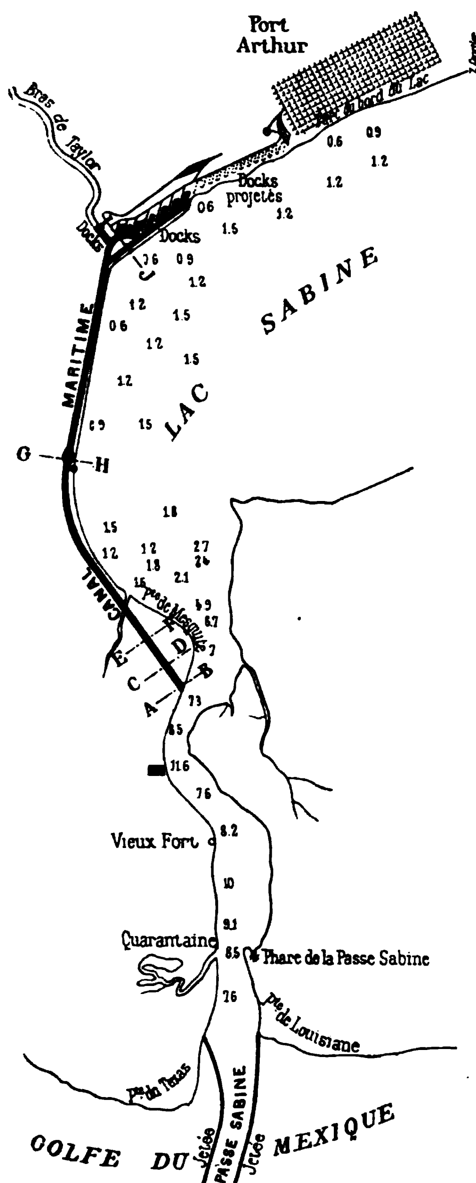
Engineering News (24 décembre 1897) : *Les bacs de Glasgow.* — L'usage des bacs à Glasgow a pris un très grand développe-

ment : en 1896, les 10 bacs en service ont transporté, d'une rive à l'autre de la Clyde, 8.839.596 passagers, et ont produit une recette de 454.033 fr. 84 ; des renseignements très complets sont donnés sur les derniers bacs construits et en exploitation : de nombreux dessins sont joints au texte.



Engineering News (17 février 1898) : *Création du port de Port-Arthur (Texas).* — La Compagnie du Kansas City, Pittsburg and Gulf Ry construit une voie ferrée de 1.313 kilomètres de longueur pour relier la ville de Kansas directement avec la mer. Le point choisi pour le terminus de cette voie, sur le golfe du Mexique, est l'endroit où le Sabine Lake se déverse dans le golfe ; un port, Port-Arthur, doit y être créé de toutes pièces.

Le Sabine Lake, qui a $38^{km},624$ de long sur $12^{km},875$ de large, communique avec le golfe du Mexique par une rivière de $12^{km},875$ de longueur, et de 804 mètres de largeur ; les bords de la Sabine Pass étant sujets à des inondations terribles, on a décidé d'établir le port no



Création du port de Port-Arthur.

veau dans l'intérieur même du lac, à 25 kilomètres de la mer.

Des jetées ont été établies par le Gouvernement des États-Unis, à l'embouchure de la passe, et doivent être prolongées jusqu'aux fonds de 9^m,14. Elles ont déjà produit un approfondissement considérable de la rivière, la profondeur sur la barre atteignant 7^m,31.

Un canal est en construction pour réunir ce chenal au port proprement dit : il a 12^{km},875 de longueur ; sa section normale présente 7^m,62 de tirant d'eau, 22^m,86 de largeur au plafond, et 53^m,34 de largeur au plan d'eau. Le dragage s'en poursuit activement au moyen de dragues puissantes ; l'une d'elles extrait jusqu'à 3.820 mètres cubes par jour.

Les bassins de Port-Arthur doivent recevoir un grand développement : ils comportent des darses de 79^m,25 de longueur, séparées par des môles de 304^m,79 de longueur et de 91^m,44 de largeur, débouchant dans un bassin ayant 152^m,395 de largeur. Deux de ces môles sont en construction.

Une forme de radoub ayant 167^m,634 de long, 28^m,95 de large, et 8^m,23 de tirant d'eau est également projetée.

Des magasins, des élévateurs à grains et un outillage complet doivent être installés sur les quais.

En attendant l'ouverture du canal, qui doit avoir lieu à la fin de l'année, des allèges font le service sur le lac entre Port-Arthur et les navires mouillés dans la passe.

Déjà un grand navire de 2.500 tonnes de jauge a été chargé ainsi, l'été dernier, pour l'Europe, inaugurant le nouveau port américain.

Engineering News (24 février 1898) : *Bateau-feu n° 69.* — Un bateau-feu vient d'être mouillé au large du cap Hatteras dans des fonds de 54^m,86 et a pu supporter pendant trois mois des tempêtes redoutables. Il a 37^m,44 de longueur, 8^m,99 de largeur et 6^m,71 de creux. Deux mâts d'acier de 19^m,66 portent les feux, dont le plan focal est à 17^m,37 au-dessus du niveau de l'eau.

Sur chacun des mâts sont disposés 4 lampes de 100 bougies, dont 3 sont en service simultanément, et 1 sert de réserve. Le feu est à éclipse : la période d'obscurité est de 3", et la période de visibilité de 12".

En temps clair, les feux sont visibles à 24 kilomètres.

Les machines électriques permettent également l'éclairage intérieur du bateau au moyen de 40 lampes de 16 bougies.

Le bateau est muni d'une hélice, commandée par une machine

de 350 chevaux, afin de se rendre en place par ses propres moyens et de fuir en cas de danger.

Minutes of Proceedings of the Institution of civil Engineers (1897, t. IV) : F.-E. Wentworth Sheilds. — *Démolition d'un mur de quai en avant de l'entrée de la forme de radoub Prince-de-Galles à Southampton.* — L'auteur donne des détails très circonstanciés sur la conduite du chantier de démolition d'un mur de quai en béton situé en avant de l'entrée de la nouvelle forme de radoub. Une grande partie de la démolition a été faite à sec entre deux lignes de pieux jointives, les pieux ayant 0m,33 d'équarrissage et présentant après calfatage une étanchéité suffisante ; la difficulté du travail a résidé dans l'obligation d'étayer, d'une façon complète, ces rideaux étanches et, à certain moment, le mur lui-même, en prenant des points d'appui successifs, soit sur un remblai exécuté en arrière du mur à démolir, soit sur l'avant-radier de la forme de radoub, établi au même moment en coulant du béton sous l'eau. La démolition du mur a été achevée après inauguration de la forme de radoub, au moyen de mines sous-marines. Aucun prix de revient du travail n'est indiqué.

— (1897, t. IV) : W.-R. Kinipple. — *Le port de Greenock.* — L'auteur donne un historique complet du développement du port de Greenock, et décrit, en particulier, les travaux exécutés dans ce port, de 1878 à 1886 (James Walt Dock et dépendances) ; une planche de dessins accompagne le mémoire.

Scientific American (18 décembre 1897) : *Bouées lumineuses à acétylène pour le port de New-York.* — De nouvelles bouées à acétylène sont expérimentées à New-York : le corps de la bouée contient trois réservoirs qui renferment chacun 9kg,072 d'acétylène liquide à la pression de 42 kilogrammes par centimètre carré, ce qui permet de produire 274m,45 de gaz. Un régulateur amène le gaz à un brûleur Naphey qui consume 0m,38 par heure. L'appareil optique dans lequel est le brûleur donne un éclairage de 330 bougies.

La consommation d'acétylène représente une dépense de 5 centimes par heure.

Le service des phares américains, après le succès de ces premières expériences, a décidé de les continuer sur la passe

de Gedney et espère pouvoir augmenter sensiblement la puissance d'éclairage des bouées lumineuses en service, tout en diminuant les frais d'entretien dans une large mesure.

Scientific American (25 décembre 1897) : *Élévateur à grains de Buffalo.* — On a construit à Buffalo un magasin à grains incombustible où l'acier remplace entièrement le bois.

Les magasins comportent 30 silos verticaux de 11^{m},58 de diamètre et de 21^{m},34 de haut, 18 silos de 4^{m},70 de diamètre et de 21^{m},34 de haut, et enfin 18 silos de 2^{m},77 de diamètre et de 18^{m},29 de haut, pouvant contenir ensemble 1 million 20 mille hectolitres de grain ; il entre dans la construction 6.000 tonnes d'acier.

Le déchargement des navires s'opère au moyen de trois élévateurs mobiles susceptibles d'enlever de la cale chacun 7.260 hectolitres de blé à l'heure.

Toute la force motrice provient de l'usine électrique des chutes du Niagara, qui se trouvent à une distance de 37^{km},01. Toute l'installation est éclairée à la lumière électrique.

L'élévateur a été en plein fonctionnement six mois seulement après le commencement des travaux.

—— (25 décembre 1897) : *Réparation des infiltrations de la forme nº 3 de Brooklyn.* — Peu de mois après la mise en service de la nouvelle forme de Brooklyn construite en charpente, des infiltrations sérieuses se sont produites du côté de l'écluse d'entrée. Pour les réparer, on a dû d'abord construire un grand batardeau de 47^{m},547 de long et de 10^{m},36 de haut dans le pertuis d'accès au dock, pour épuiser à l'intérieur de l'enceinte ainsi constituée ; on s'est rendu compte dès lors que les infiltrations provenaient de ce que la ligne de pieux battue en avant du haut radier de l'écluse avait été bouleversée par les dragages ultérieurs. La réparation a consisté dans le battage de deux lignes de pieux jointifs de 0,30/0,30.

—— (15 janvier 1898) : *Jetée de la rivière Columbia (Orégon).* — La jetée établie à l'embouchure de la rivière Columbia pour améliorer l'entrée s'étend depuis Fort-Stevens jusqu'à 8^{km},04 en mer ; elle a coûté 10.497.931 francs et a donné les meilleurs résultats ; avant son exécution, les profondeurs dans les chenaux variaient de 5^{m},49 à 6^{m},40 ; aujourd'hui les plus grands navires à flot peuvent entrer facilement dans la rivière à tout moment de la marée.

La jetée se compose d'un massif d'enrochements placé sur

ne fondation en fascinages analogue à ceux employés aux ouches du Mississipi ; une estacade de service a été établie abord suivant le tracé de l'ouvrage, pour l'approche des matéaux ; les pieux supportant cette estacade ont été battus en utisant des injections d'eau comprimée, ce qui a permis de les nfoncer à raison de 3m,05 par minute. La longueur totale des ieux entrant dans l'estacade dépasse 152.395 mètres, et le oids des enrochements mis en place 1.016.000 tonnes.

VI. — Chemins de fer. — Tramways. — Automobiles.

ineering (18 février 1898) : *Le Central London Railway.* — La onstruction de cette nouvelle ligne métropolitaine se poursuit ctivement (Pl. page 432 *bis*) ; sa longueur est de 9km,247 ; elle omporte treize stations, dont la distance varie entre 587 mètres t 1.178m,72 ; elle doit d'ailleurs être prolongée jusqu'à la gare u Great Eastern Railway, à Liverpool Street, si les négociations endantes entre les deux Compagnies aboutissent.

La voie ferrée se continue au-delà de l'origine de la ligne, usqu'au dépôt central et à l'usine productive d'électricité située une distance de 947m,30 de cette origine.

Les deux voies, ainsi que cela a été fait sur la ligne de City and South London, sont placées dans deux tunnels distincts, qui, dans certaines sections, se trouvent à des niveaux différents.

Les tunnels ont 3m,505 de diamètre et peuvent recevoir le plus grand matériel en service sur les chemins de fer. Les stations sont reliées aux voies urbaines par des ascenseurs. Le poids des rails est de 45kg,359 par mètre.

Chaque section de la ligne comporte deux pentes inverses, dont l'inclinaison est de 1/33, réunies par un palier ; la pesanteur est dès lors utilisée pour accélérer la vitesse du train au départ, et pour l'arrêter avant l'arrivée.

Le service doit comprendre des trains de sept voitures contenant 336 places, pesant 105 tonnes, non compris la locomotive, et se succédant à des intervalles de 2',5 et peut-être même de 2'. La vitesse de marche doit atteindre 22km,530, de façon à effectuer le trajet total en 25' ; ce trajet demande actuellement plus d'une heure en omnibus. La vitesse maximum atteindra 48 kilomètres. La traction doit se faire au moyen de l'électricité, qui s'étend également à l'éclairage ; et la marche des trains

s'effectuant toujours dans le même sens dans chaque tunnel, on compte que la ventilation pourra s'effectuer dans des conditions particulièrement bonnes. La capacité de transport de la ligne est estimée à 100 millions de voyageurs par an.

Les dépenses de premier établissement sont évaluées à 75 millions.

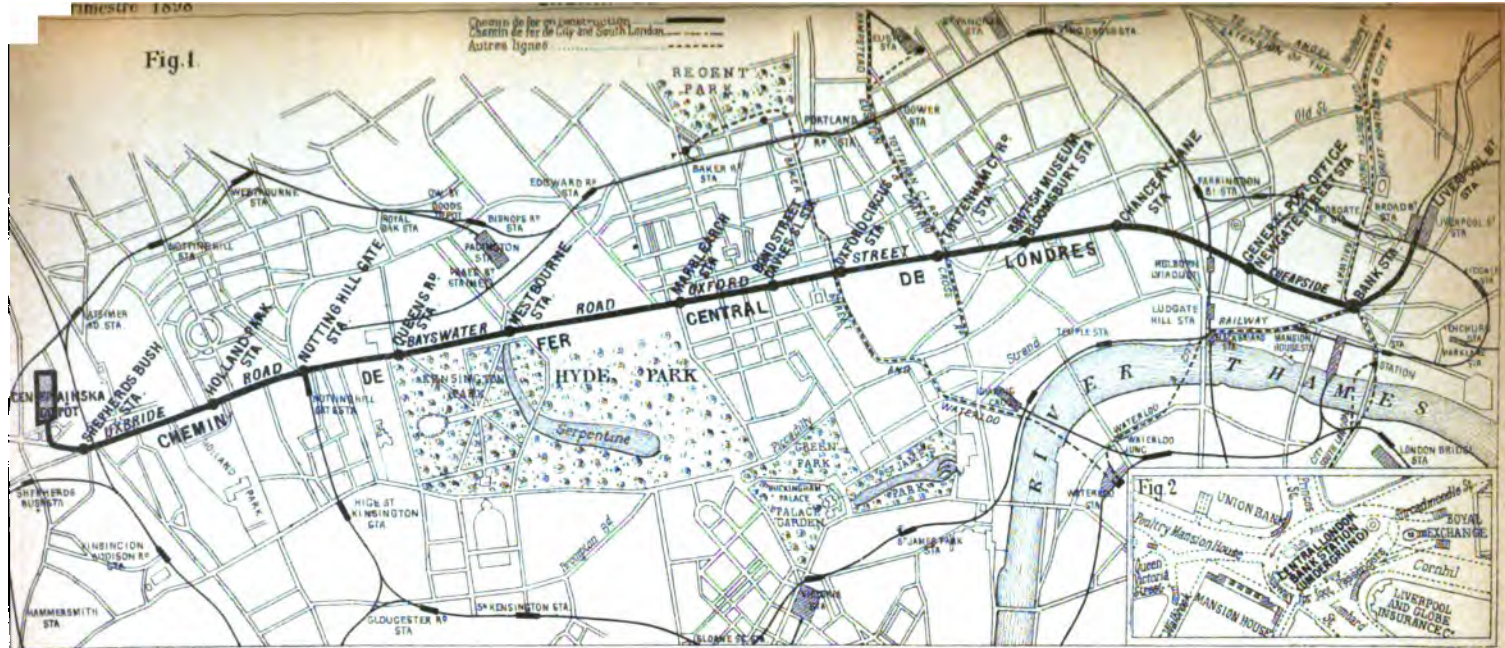
Les locomotives sont construites par la General Electric Company de Schenectudy (États-Unis), les usines anglaises ne pouvant garantir leur exécution dans les délais nécessaires. Elles sont montées sur deux boggies et pèsent 48.768 kilogrammes. Le diamètre des roues est de $1^{m},067$. Chacun des quatre essieux est commandé directement par un moteur électrique. La cabine du mécanicien est placée au centre de l'engin, ce qui lui permet de surveiller plus facilement les abords de la voie. L'effort de traction développé sur les barres d'attelage doit être de $3.628^{kg},744$ à la vitesse de $35^{km},400$ à l'heure.

Le courant est transmis aux moteurs par un rail central pesant $36^{kg},287$ par mètre courant; le courant de retour passe par les rails de la voie.

L'usine électrique est placée à l'origine ouest de la ligne; les chaudières, au nombre de seize, sont du type Babcock et Wilcox, et sont timbrées à $10^{kg},54$ par centimètre carré; chacune d'elles a une surface de chauffe de $33^{m2},258$, et peut évaporer 5.443 litres d'eau par heure. Les machines, au nombre de six, sont du type Reynolds-Corliss et peuvent développer chacune 1.300 chevaux en faisant quatre-vingt-quatorze tours à la minute. Chaque machine commande un générateur électrique produisant un courant triphasé, à la tension de 5.000 volts. Celui-ci est transformé dans trois ou quatre stations secondaires, en un courant continu de 500 volts.

On espère mettre la ligne en exploitation au début de 1899.

Engineering News (7 janvier 1898) : *Consommation de charbon des locomotives de London and North Western Railway.* — Un tableau très complet donne, pour les différentes catégories de locomotives employées sur le London and North Western Railway, la consommation de charbon depuis la mise en service de ces engins ; les 127 machines auxquelles il s'applique ont une durée moyenne de service de huit ans un mois, et ont parcouru en moyenne chacune $61.054^{km},179$ par an; la


Fig. 1.
Chemin de fer en construction
Chemin de fer de City and South London
Autres lignes
CHEMIN DE FER CENTRAL DE LONDRES
UXBRIDGE ROAD
BAYSWATER ROAD
OXFORD STREET
CHEAPSIDE
SHEPHERDS BUSH STA.
HOLLAND PARK STA
NOTTING HILL GATE STA
QUEENS RD STA
WESTBOURNE STA
MARBLE ARCH STA
BOND STREET DAVIES S.T STA
OXFORD CIRCUS STA
TOTTENHAM CT RD STA
BRITISH MUSEUM BLOOMSBURY STA
CHANCERY LANE STA
GENERAL POST OFFICE NEWGATE STREET STA
BANK STA
LIVERPOOL ST STA
HYDE PARK
Serpentine
KENSINGTON PARK
REGENT PARK
GREEN PARK
ST JAMES PARK
RIVER THAMES
LUDGATE HILL STA
HOLBORN VIADUCT
FARRINGDON ST STA
BAKER ST STA
PORTLAND RD STA
EDGWARD RD STA
PADDINGTON STA
BISHOPS RD STA
ROYAL OAK STA
HIGH ST KENSINGTON STA
GLOUCESTER RD STA
ST KENSINGTON STA
SLOANE SQ STA
ST JAMES PARK STA
WATERLOO STA
WATERLOO JUNC
LONDON BRIDGE STA
TEMPLE STA
MANSION HOUSE STA
HAMMERSMITH STA
Strand
Piccadilly
Old St
Fig. 2
UNION BANK
Poultry Mansion House
Queen Victoria Street
MANSION HOUSE
CENTRAL LONDON BANK STATION UNDERGROUND
ROYAL EXCHANGE
Cornhil
LIVERPOOL AND GLOBE INSURANCE C°
Lombard St
Threadneedle St
Princes St
L. Courtier

consommation moyenne de charbon a été de 10^{kg},403 par kilomètre.

Engineering News (14 janvier 1898) : *Le chemin de fer de Vologda a Artkhangel.* — Le chemin de fer de Vologda, qui est à voie étroite, a été prolongé jusqu'à Artkhangel; la dernière section, récemment ouverte à l'exploitation, a 643^{km},726 de longueur. La construction a présenté des difficultés assez sérieuses, la ligne traversant en de nombreux endroits des marécages ayant jusqu'à 15^{m},25 de profondeur. A l'exception de six ponts métalliques, les ouvrages d'art sont entièrement en bois.

Scientific American (27 novembre 1897) : *Voitures automotrices pour desservir les voies ferrées à faible trafic.* — Il y a de nombreuses lignes où le trafic est trop faible pour pouvoir être desservi avec avantage par des trains ordinaires. La Compagnie de New England Railroad a décidé de mettre en service, pour les embranchements de cette nature, de grandes voitures automotrices circulant isolément.

L'essai a été fait en installant un moteur sur un dining-car de 19^{m},50 de longueur. La voiture est divisée en trois sections : moteur, fumoir, salon. L'arrière de la voiture porte sur un boggie à trois essieux ; à l'avant se trouve un boggie à 4 roues motrices de 1^{m},07 de diamètre.

Le poids total du véhicule est de 52.163 kilogrammes, dont 31.751 kilogrammes reposent sur le boggie moteur.

La provision d'eau et de coke permet de franchir 96^{km},540 ; l'aménagement est effectué pour transporter 60 voyageurs.

La vitesse a été de 48^{km},270 à l'heure sur une ligne présentant des pentes de 0^{m},010 par mètre.

Le personnel nécessaire au fonctionnement compte seulement un mécanicien et un conducteur.

Street Railway Journal (janvier 1898) : *Gare terminus de Boston.* — La nouvelle gare terminus de Boston, en voie d'achèvement, présente une surface de 213^{m},35 sur 198^{m},11. Les voies sont à deux niveaux : au niveau supérieur se trouvent 28 voies pour les trains à vapeur ; le niveau inférieur est réservé aux trains électriques des services urbains, et comporte des plates-formes

pouvant contenir 25.000 voyageurs. La gare peut expédier 1 train par minute, soit 2.000 trains en seize heures.

Le coût de la station sera d'environ 50 millions.

Street Railway Journal (février-mars 1898) : Charles Rocuat. — *Tramways électriques en Suisse.* — Les tramways électriques prennent en Suisse un rapide essor, grâce aux nombreuses chutes d'eau utilisables ; ils présentent actuellement un développement de 110 kilomètres, 103 kilomètres de voies nouvelles sont en construction, et 322 kilomètres en projet.

La dépense effectuée à la fin de 1896 pour la construction de 81 kilomètres de voie fait ressortir le prix de revient des tramways à 201.664 francs par kilomètre.

Un premier article, accompagné de nombreux dessins, est principalement consacré aux voies et constructions suspendues.

Le second article traite des stations de force motrice et du matériel roulant. Sur trois des lignes en exploitation, la vapeur est employée comme force motrice ; les machines à gaz sont utilisées sur 4 lignes ; les autres, au nombre de 15, sont actionnées par des chutes d'eau, dont 9 sont à grande distance.

L'usage des trolleys est limité aux pentes de $0^m,06$ par mètre ; au delà on emploie la transmission par contact glissant. Les pentes les plus fortes dépassent $0^m,11$ par mètre : à Fribourg on trouve une pente de $11^{cm},3$. Des freins puissants sont placés sur les voitures : les expériences faites sur un véhicule de 9 t marchant à une vitesse de 10 kilomètres sur une pente de 9 cm ont montré que le frein en amenait l'arrêt sur une longueur de 2 à 4 mètres.

La vitesse de marche est limitée par les règlements à 12 kilomètres dans les villes et à 18 kilomètres à l'extérieur des villes. Le prix de revient de la puissance motrice varie de 0 fr. 0... (ligne de Vevey-Montreux) à 0 fr. 2143 (ligne de Zurich) par kilowatt-heure ; il est en général compris entre 9 et 12 centimes.

—— (Février 1898) : *Locomotive électrique pour marchandises.* — Cette locomotive de 600 chevaux de force est destinée à la traction du train de marchandises entre les quais du port d'Hoboken et la gare. Elle a $8^m,84$ de long, pèse 25.821 kilogrammes et a un pouvoir de traction de 4.500 kilogrammes ; elle peut aussi remorquer un train de 295 tonnes, à une vitesse de $12^{km},874$. Son emploi dans les rues des villes offre de grands avantages sur celui des locomotives à vapeur.

—— (Mars 1898) : *Voitures funéraires à Mexico.* — La Compagnie

des tramways de Mexico a mis en service des voitures funéraires, dont des photographies sont données, et qui lui produisent un revenu de 212.000 francs ; le prix de location des corbillards varie de 15 à 700 francs.

treet Railway Journal (mars 1898) : *Tramway de construction récente dans la Nouvelle Angleterre.* — Ce tramway, qui relie Torrington et Winsted (Connecticut), est à voie unique de 21^{km},5 de longueur ; la dépense de construction a été de 1.890.000 fr. La voie, à l'écartement de 0^{m},76, est composée de rails de 27^{kg},7. La station de force motrice comporte deux machines de 300 chevaux ; un trolley conduit la force motrice. L'article, accompagné de dessins, donne une idée exacte de la façon dont sont établies actuellement, en Amérique, les lignes électriques de faible trafic.

VII. — Génie rural. — Assainissement. — Distribution d'eau.

ngineering News (25 novembre 1897) : *Filtres de la ville de Ashland (Wisconsin).* — La petite ville de Ashland, sur le lac Supérieur, qui a 15.000 habitants, vient de faire établir des filtres à sable, couverts par des voûtes en maçonnerie, pour épurer les eaux de consommation. Les travaux, dont le détail est donné, ont coûté 210.934 fr. 50 et ont produit immédiatement une amélioration considérable de l'hygiène publique. La mortalité, qui était de 217 en 1895-1896, est tombée en 1896-1897 à 175, malgré une augmentation sensible du chiffre de la population ; les décès dus à la fièvre typhoïde, qui étaient avant les travaux de 30 à 40 par an, sont tombés à 7 dans la dernière année.

H. D.

IX. — Électricité appliquée.

lectrical World (20 novembre 1897) : P.-H. Thomas. — *Les alternateurs de 1.500 kilowatts de la station de Alleghany County Light Company.* — Ces machines, les plus puissantes de celles qui ont été construites par la Westinghouse Electric Co, après les alternateurs diphasés de 5.000 chevaux du Niagara, sont au nombre de quatre. Elles débitent leur courant à 2.400 volts, font 116 tours par minute et donnent 60 périodes par seconde. Leur chute de tension n'est que de 6 0/0 entre la charge nulle et la pleine charge, la vitesse restant constante ; le rendement

est de 94 0/0 à pleine charge, et 91 0/0 à demi-charge. Le poids de chaque machine atteint 105.000 kilogrammes.

Electrical World (20 novembre 1897) : *Les tramways électriques à conduite souterraine de New-York.* — Quelques détails complémentaires sur les tramways à canalisation souterraine, installés à New-York par la Metropolitan Street Railway Co. L'installation est en service depuis le 1er novembre ; la station de la 146e avenue, d'une capacité de 800 kilowatts, a été considérablement agrandie et comprend, en outre, trois moteurs à vapeur de la Pensylvania Iron Works, conduisant trois génératrices de 850 kilowatts de la General Electric Co ; la station de la 25e avenue comprendra aussi bientôt quatre générateurs identiques aux précédents. Le service sera assuré provisoirement par ces deux stations jusqu'à ce qu'une station définitive, qui comprendra 70.000 chevaux d'appareils générateurs, soit terminée. L'énergie sera obtenue et transportée sous forme de courants triphasés à 6.000 volts ; des convertisseurs rotatifs transformeront ces courants en courant continu à 500 volts. La station sera terminée dans deux ans.

—— (18 décembre 1897) : *Le transport d'énergie électrique de Newcastle-Sacramento.* — La puissance hydraulique est empruntée à une chute de 140 mètres environ ; elle est amenée à deux roues Pelton par une conduite de 2 kilomètres. Chacune de ces roues actionne un alternateur à courants diphasés de la Westinghouse Electric Co, tournant à 400 tours, et d'une puissance de 400 kilowatts sous 500 volts ; la fréquence est de 60 périodes par seconde.

L'excitation est fournie par deux petites excitatrices de 15 kilowatts, commandées par des roues Pelton spéciales et capables chacune d'exciter les deux alternateurs à la fois. Chaque machine et les excitatrices ont un tableau séparé contenant, pour les alternateurs, outre les appareils ordinaires, un voltmètre muni d'un compensateur qui introduit à chaque instant une chute de tension correspondant au débit et donne ainsi la tension à la station réceptrice. Les courants diphasés sont transformés en courants triphasés à 15.000 volts par le procédé Scott et transmis à la station réceptrice de Sacramento, qui comprend trois transformateurs doubles de 75 kilowatts retransformant les courants triphasés en diphasés à 2.000 volts pour la distribution. Cette sous-station comprend également deux moteurs de 50 chevaux conduisant des dynamos à arc de 60 lumières.

Ce transport d'énergie est exploité par la Central California Electric Company.

lectrical World (1er janvier 1898): Louis Bell. — *Quelques difficultés de la traction électrique sur les grandes lignes.* — L'auteur, qui avait professé jusqu'ici une grande foi dans la prochaine application de la traction électrique, revient aujourd'hui dans un sens tout différent sur ses appréciations. Il remarque que les progrès réalisés si rapidement par l'industrie électrique ne permettent pas pour autant de conclure, comme le font volontiers le public et les constructeurs électriciens, qu'il n'y a qu'une étape de plus à franchir pour remplacer la locomotive à vapeur par la locomotive électrique sur les grandes lignes.

Le rendement de la locomotive à vapeur est, en effet, assez élevé pour que l'économie de charbon qui résulterait de l'emploi de grandes machines fixes dans une station génératrice soit faible. Les calculs, dont l'auteur donne un exemple dans un cas particulier, montrent qu'elle ne saurait couvrir les dépenses accessoires nécessitées par la distribution électrique. C'est seulement avec un trafic très dense, tel qu'on le rencontre sur les lignes métropolitaines ou suburbaines, dont la charge à peu près uniforme est répartie entre de grandes stations, que la traction électrique des chemins de fer présente un avantage économique.

D'autre part, l'expérience a démontré qu'un accident de la canalisation électrique peut suspendre entièrement le trafic. On en a vu un singulier exemple sur le réseau bien connu des tramways de Boston, où, malgré l'emploi de cinq stations génératrices et d'un gigantesque réseau de feeders, un accident survenu à un câble a suffi à paralyser le trafic pendant cinq heures sur une grande partie des voies. Cet exemple montre qu'il ne faut pas songer à alimenter un réseau par une seule station avec des sous-stations de transformation, mais qu'il faut en avoir toujours plusieurs qui puissent se suppléer.

Une autre difficulté est la sécurité. On n'a pas osé dépasser jusqu'ici 600 volts sur les fils de service, et il sera tout à fait nécessaire d'aller plus haut, si l'on veut réaliser des distances de transport plus grandes que sur les tramways ; il faudrait marcher au moins à 750 volts, mais les dangers seront plus grands, et le matériel correspondant à cette tension n'existe pas encore industriellement. L'auteur se demande si l'on aurait un meilleur résultat par l'emploi des courants alternatifs.

La distribution par conducteur aérien ou par troisième rail présente elle-même de sérieuses difficultés. L'expérience de Nantasket-Beach a montré que le trolley était impossible pour la traction des grandes lignes.

Le système du troisième rail a été employé sur cette ligne avec succès, mais on ne dit pas à quelle fuite il donne lieu; ce troisième rail est d'abord placé beaucoup trop bas et on n'a pu le munir de gardes en bois pour ne pas gêner la circulation des locomotives à vapeur. C'est une difficulté que l'on trouvera sur toutes les lignes où l'on voudra pratiquer simultanément les deux modes de traction. Dans l'exemple considéré il y a eu de nombreux agents soumis à des chocs violents, dont aucun heureusement n'a été mortel; mais le potentiel n'est que de 600 volts, et les dangers seront tout autres si l'on est obligé de l'élever davantage.

Il serait préférable évidemment de placer le troisième rail sur le côté de la voie, mais là encore on trouve des difficultés pratiques inattendues. Dans les gares, l'isolement devient plus difficile encore, et on ne peut songer à employer des rails aériens comme on l'a fait à Baltimore, car cela nécessite une superstructure aussi gênante que coûteuse.

Le plus simple serait encore d'employer une distribution par courant alternatif à haute tension par trolley avec transformateur sur la locomotive (l'auteur ne semble pas s'effrayer des risques que ce système ferait courir à la sécurité du personnel).

La traction électrique est plus à l'aise quand elle s'opère sur des lignes qui lui sont exclusivement réservées. On y perd, il est vrai, l'avantage de recourir à des locomotives à vapeur comme machines de secours ; mais on peut disposer le troisième rail commodément. L'expérience de la ligne de Hartford-New-Britain montrera si la prise de contact peut se faire d'une manière sûre malgré la neige et le verglas.

En concluant, l'auteur croit que, malgré toutes ces difficultés, bien des lignes suburbaines pourraient trouver avantage, par l'augmentation de trafic qu'elles obtiendraient, à adopter la traction électrique ; du reste, dans bien des villes, les locomotives sont destinées à être prochainement proscrites à cause de la fumée. Mais il ne faut se lancer dans cette voie qu'avec prudence et apprendre « à marcher avant de vouloir voler ».

Electrical World (1er janvier 1898) : A. Blondel. — *Quelques remarques sur les distributions à longue distance pour la traction*

electrique. — On sait que la distance à laquelle on peut transmettre l'énergie par courant continu sur une ligne de traction électrique est limitée par la valeur trop peu élevée qu'on peut donner aux voltages.

Il n'en serait pas de même, si l'on pouvait rendre pratique la distribution en série, que divers auteurs ont proposé autrefois d'appliquer à la traction électrique. Mais la difficulté que présente le fonctionnement des appareils automatiques de ces systèmes, qui ouvrent et ferment les sections de la ligne au passage de chaque train, ne peuvent permettre de songer à les employer. L'auteur montre que ces appareils automatiques peuvent être complètement supprimés grâce à un emploi rationnel de la méthode « série-parallèle » pour la régulation des moteurs. Il suffit de diviser la ligne en tronçons de longueur appropriée à l'activité du trafic, de façon que jamais une section ne contienne moins d'une voiture ni plus de deux voitures. Les interrupteurs, convenablement disposés le long des lignes, permettraient, du reste, de faire varier la longueur des tronçons assez facilement suivant les besoins du trafic.

Ce système présente une économie de cuivre assez importante, mais il donne lieu à des difficultés d'isolement; en tout cas, l'emploi n'en serait possible que dans des cas spéciaux (en particulier dans le telphérage à grande distance), car il manque de la souplesse des systèmes de distribution en dérivation.

Electrical World (15 janvier 1898) : *Une optique pour un phare électrique américain.* — A la suite de l'Exposition de Chicago, le service des phares américains a fait l'acquisition d'une optique bivalve de feu-éclair française, primitivement construite en vue d'un feu à huile; on l'a transformée en vue de l'application de la lumière électrique en y adaptant un régulateur, type des phares français, dans lequel on brûle des crayons de 15 à 60 millimètres de diamètre. Pour alimenter ces gros arcs, on a dû remplacer l'alternateur français par une machine plus puissante, de 140 périodes de fréquence, construite par la General Electric Co, de Schenectady, et actionnée par un moteur à vapeur « Ideal » de 25 chevaux. On a exhibé l'appareil successivement à Atlanta et à Nashville; on ne sait pas encore dans quel phare il sera installé, mais ce sera probablement dans un phare de la côte de l'Atlantique.

Electrical World (22 janvier 1898): J.-R. HASKIN. — *Essais d'isolateurs pour haute tension.* — L'auteur donne la nomenclature des essais effectués, suivant proposition de M. P. Lincoln, sur les isolateurs destinés à la ligne de transmission de Niagara-Buffalo. Deux transformateurs de 20.000 volts, construits spécialement pour ces essais, ont permis de soumettre chacun des isolateurs d'abord à des tensions croissantes de 20.000 volts à 40.000, puis directement à 40.000 volts. Ces isolateurs étaient disposés par série, renversés et remplis à moitié d'eau salée jusqu'à 2cm,5 du bord de la cloche extérieure.

On a ainsi reconnu et différencié les effets de l'étincelle sur différentes natures de porcelaines; les appareils en porcelaine trop poreuse sont complètement à rejeter.

—— (5 février 1898): *Le transport d'énergie de la Apple River Power Co.* — L'usine, installée à Somerset, comprend deux turbines jumelées, de 230 chevaux chacune, construites par la Dayton Globe Iron Works Manufacture, et un alternateur à courants alternatifs triphasés de 250 kilowatts, enroulé directement pour 6.000 volts.

Cette machine alimente, outre l'éclairage de New Richmond, un moteur à courants diphasés de 100 chevaux, un de 50, un de 30, un de 25. La tension de 5.000 volts est ramenée à 220 volts par cinq transformateurs de 50 kilowatts et deux de 25, transformant en même temps les courants triphasés en courants diphasés; le matériel électrique a été fourni par la Westinghouse Company; la ligne a 12 kilomètres de longueur.

—— (19 février 1898) : P.-H. THOMAS. — *La transmission électrique de Juiz de Fora au Brésil.* — Courte description de l'utilisation des chutes de la Parahyba pour l'éclairage de Juiz de Fora. Trois turbines Victor de la Stilwell-Bierce et Smith Vaile Co actionnent chacune un alternateur à courants diphasés de 300 kilowatts de la Westinghouse Company. La tension de 400 volts est élevée à 4.000 volts en même temps que les courants diphasés sont transformés en triphasés pour le transport à l'aide de 6 transformateurs de 50 kilowatts par machine.

A Juiz, une transformation inverse ramène la tension à 1.000 volts ou à 400 volts pour la distribution.

L'auteur donne également un court aperçu du développement des applications de l'électricité au Brésil.

—— (5 mars 1898) : *Dragueuse électrique.* — Courte description des dragueuses électriques de la Bennett Amalgamator Manu-

facturing Company actionnées par quatre moteurs, deux de 25 chevaux et deux de 5. Détails de construction de l'élévateur et du frein magnétique.

Electrical World (5, 12 et 19 mars 1898) : H.-C. GUNTON. — *Les stations centrales d'éclairage électrique à Londres.*— L'auteur entreprend de décrire, dans une série d'articles bien illustrés, les stations centrales assurant actuellement l'éclairage de la ville de Londres.

La première station décrite est celle, bien connue, de Deptford, qui fournit le courant alternatif à 10.000 volts pour le transporter à une distance de 10 kilomètres environ et par câbles concentriques à quatre sous-stations ramenant la tension de 10.000 à 2.400 volts.

L'usine actuelle comprend vingt-quatre chaudières Babcock et Wilcox de 500 chevaux chacune. Les moteurs à vapeur sont au nombre de sept et indiquent les étapes des développements successifs de la station. Ce sont d'abord deux machines Corliss tandem compound (1887) actionnant chacune un alternateur Ferranti de 625 chevaux sous 2.400 volts. La marche à faible charge pendant le jour est assurée par deux alternateurs de 350 chevaux. Deux machines verticales de MM. Hicks, Hargreaves et Cie commandent deux alternateurs Ferranti de 1.250 chevaux sous la tension de 10.000 volts; enfin un septième groupe, installé récemment, est formé d'une machine à triple expansion et d'un alternateur de 1.000 kilowatts, toujours sous la tension de 10.000 volts.

L'une des sous-stations, celle de Trafalgar, comprend dix transformateurs de 100 kilowatts, ramenant la tension à 2.500 volts, tension sous laquelle se fait la distribution. Cette tension est ensuite abaissée à 100 volts par des transformateurs installés chez l'abonné. La sous-station comprend, en outre, une installation spéciale pour le chargement des accumulateurs de la London Electric Cab Company.

L'usine de Saint-Pancrace distribuait primitivement le courant continu à 220 volts ; la distribution se fait maintenant avec cinq fils à 440 volts. L'ancienne station de Regent's Park contient quatorze groupes électrogènes, neuf de 80 kilowatts avec dynamos de Johnson et Phillips à 10 volts, trois de 80 kilowatts avec dynamos de Latimer Clark et Muirhead et, enfin, deux dynamos à arc de 90 ampères sous 580 volts. Toutes ces machines sont conduites par des moteurs Willans à triple expan-

sion. La même station comprendra bientôt, en outre, de nouvelles unités de 780 chevaux.

La nouvelle station de King's Road présente un caract entièrement différent et plus moderne. Elle comprend qu chaudières Lancashire pouvant brûler soit du charbon, s les détritus de la ville. Les moteurs à vapeur sont au nom de six, dont trois de 200 chevaux du type Bellis à gra vitesse, actionnant chacun deux dynamos Crompton à cou continu de 550 ampères sous 120 volts à 350 tours.

Un quatrième groupe est formé d'un moteur à triple exp sion Peache de 260 chevaux et de deux dynamos Crompt enfin deux moteurs Willans commandent chacun une se dynamo à 220 volts.

Les deux stations fonctionnent en parallèle à volonté à t fils avec 220 volts par circuit, ou à 5 fils avec 110 volts par cuit. L'auteur donne quelques détails sur les différents mo d'accouplement des deux usines entre elles.

M. Gunton décrit ensuite le système de distribution d'Oxford qui consiste, comme on le sait, à produire le cour continu sous une tension de 1.000 à 2.000 volts et à le ram à 100 et 200 volts par des transformateurs-moteurs dispos série.

Pour le chargement des batteries d'accumulateurs à l'aid ces moteurs-transformateurs, l'Electric Construction Co emp un dispositif assez ingénieux consistant à disposer sur l'a du moteur deux anneaux et deux enroulements : l'un, le se daire, commun aux deux anneaux, l'autre, le primaire, dis sur un seul, et aboutissant chacun à deux collecteurs distin Les champs inducteurs sont également au nombre de deu indépendants l'un de l'autre. Avec ce dispositif si l'on affa le champ correspondant à l'enroulement primaire seul, augmente la vitesse et, par suite, la tension aux bornes secondaire. On peut ainsi faire varier la tension de 40 à 50 de la valeur normale.

Les usines de la Chelsea Electricity Supply Company, d une seule est en fonction actuellement, sont établies suivant système dit d'Oxford. La capacité de cette dernière est 2.900 chevaux et pourra être doublée au besoin ; elle compre 6 chaudières Babcock et Wilcox, dix moteurs Willans coup directement à six dynamos de l'Electric Construction capables de donner 150 ampères sous 1.050 volts, et à qua autres du même genre, mais de 210 ampères. Il y a quatre sou

stations contenant chacune, outre les moteurs-transformateurs, une petite batterie d'accumulateurs.

Le même système est employé à la station municipale de Shoreditch, que nous avons signalée récemment (Voy. 3e trimestre, *Périodiques français*, p. 375, et *Périodiques anglais*, p. 424).

La station de l'Islington Vestry est à courants alternatifs et distribue l'énergie sous une tension de 2.000 volts primaires et 100 volts secondaires. Elle comprend six chaudières Lancashire et deux Babcock et Wilcox, six moteurs Adamson Wheelock, deux alternateurs Ferranti de 125 kilowatts conduits par cordes, trois de même puissance actionnés directement, et enfin un alternateur Ferranti de 300 kilowatts.

Le secteur de la Westminster Supply Corporation comprend trois stations centrales à courant continu, celles de Davies street, d'Eccleston et de Millbank. La première peut fournir au réseau 15.000 ampères sous 112 volts et comprend cinq génératrices de 400 chevaux, six de 250 chevaux, deux de 150 et deux de 80.

Une dernière Compagnie est celle de la Charing Cross and Strand Electricity. L'usine, une des plus anciennes de Londres, distribue le courant à trois fils sous 220 volts. Outre l'ancien matériel à vapeur, elle comprend des moteurs-transformateurs actionnés par la Maiden Lane station, qui produit le courant continu sous une tension de 1.000 volts et présente une puissance de 815 kilowatts. Une autre station, celle de Lambeth, peut fournir 2.225 kilowatts.

Engineering (7 janvier 1898): H.-M. Parshall et H.-F. Hobart. — *Electric Generators.* — Les auteurs commencent une longue série d'intéressants articles sur la construction des générateurs électriques, envisagée au point de vue des méthodes d'ateliers à employer pour les établir, du choix des matériaux, des essais à leur faire subir, etc.

Matériaux. — Les matériaux sont de trois sortes : les conducteurs en cuivre, les matériaux magnétiques (fers, acier, tôles, fontes), les isolants.

Les premiers sont soumis à des essais de conductibilité pour lesquels les auteurs renvoient aux traités généraux.

Les seconds font l'objet d'essais de perméabilité et d'hystérésis.

La perméabilité se mesure le plus souvent par la méthode de l'anneau avec le galvanomètre balistique, dont les auteurs

donnent quelques exemples. On peut se passer aussi du ... nomètre en recourant aux dispositifs de pont ... imaginés par Holden et plus récemment par Ewing. ... ponts on égalise, à l'aide de bobines dont on fait varier ... rant, les flux de deux branches, contenant, l'une, un ... étalon, l'autre une barre de l'échantillon à étudier. L'é... constate à l'aide d'un magnétomètre. L'étalon a été ... d'une étude préalable, traduite en courbe.

Engineering (14 janvier 1898) : *Suite.* — L'hystérésis se ... soit en traçant la courbe complète d'un cycle d'aimanta... barreau étudié par l'une des méthodes précédentes, ... déterminant le couple de rotation d'une masse de tôle ... un champ magnétique ; cette dernière méthode, la plus ... ditive, s'applique au moyen des appareils d'essai de Ew... de Holden.

Il faut remarquer que l'hystérésis due à une aima... alternative ne donne pas nécessairement la même pe... l'hystérésis observée sous l'effet d'une aimantation tour... D'après les essais de Bayley, il semble que la première tend ... une limite constante à partir d'une valeur élevée de l'ind... tandis que la seconde décroît, au contraire, à partir de ... valeur.

Les propriétés magnétiques des matériaux dép... essentiellement de leur composition chimique. Le ca... joue le rôle prédominant, mais le silicium, le phosph... manganèse ont aussi une influence. Certaines imp... affectent plus l'hystérésis que la perméabilité ; d'une ma... générale plus le fer est pur, plus il est satisfaisant à ces ... points de vue. Mais les traitements physiques que sub... métal pendant la fonte, le coulage, le laminage, etc., in... notablement sur les propriétés finales.

—— (21 et 28 janvier 1898) : *Suite.* — Les auteurs donne... l'appui des considérations précédentes, de nombreux ex... de courbes de perméabilité et des valeurs numériques des ... par hystérésis et par courants de Foucault, relevées sur ... échantillons ; ils citent également les valeurs donnée... Ewing, Pierce, etc.

—— (4 février 1898) : *Suite.* — *Isolants.* — Les isolants, emp... pour la construction des machines, varient suivant l'usage ... en fait et suivant les habitudes des constructeurs. Les p... paux sont le mica en feuille et le mica aggloméré ; ils ...

ents pour les armatures. On emploie, en outre, la toile ée d'huile de lin oxydée ou de gomme-laque, le coton, le huilé, l'amiante. Le coton donne de bons résultats pour bines d'inducteurs. La fibre vulcanisée rend de bons es lorsqu'elle est bien préparée et bien sèche; elle doit rter 10.000 volts sous une épaisseur de 3 millimètres. ite est excellente aux basses températures, mais fond ment.

r les tableaux, le marbre est supérieur à l'ardoise qui rve de l'humidité; on peut le vernir. On peut employer pour beaucoup d'appareils le vulcabeston qui supporte C. sans détérioration.

produits servent à fabriquer une foule d'isolants com- dont les auteurs citent quelques exemples. On emploie de nombreux vernis, dont l'un des meilleurs est la ue américaine P. et B.

ring (11 février 1898): *Suite.* — Les auteurs continuent e des isolants par l'examen de l'influence de la température s propriétés isolantes. Pour tous les isolants une élévation mpérature a pour effet de réduire la résistance d'isole- , au moins à partir du moment où elle n'a plus d'action able pour l'asséchement du corps. Cela ressort par ple des courbes de Sever Monell et Perry. Il faut donc que les appareils s'échauffent au-delà d'un certain point. . Parshall et Hobart décrivent la méthode d'essai qu'ils oient pour vérifier la bonne qualité des isolants. L'appareil ssaire comprend:

transformateur spécial à haute tension alimenté par le nt d'une distribution ordinaire à courants alternatifs, un tat liquide pour régler le courant primaire;

voltmètre électrostatique Kelvin, type vertical, mesurant nsion secondaire;

support à essayer les isolants, formé d'une pince terminée leux disques en laiton de 3 millimètres d'épaisseur et illimètres de diamètre;

e étuve garnie d'amiante, chauffée par une lampe à incan- ence pour maintenir les échantillons à la température ne; la température se règle par un rhéostat.

ur essayer un échantillon, on le soumet à des voltages sants pendant un temps donné; on note le temps au bout el il est crevé, ce qu'indique le retour de l'aiguille au

zéro. Une série de courbes donne des exemples de résultats obtenus à 2.000 et 3.000 volts sur des échantillons de toile micanite.

Engineering (25 février 1898): *Suite.* — *Enroulements d'induits.* — Après bien des modifications, le nombre des types d'enroulements actuellement adoptés est assez réduit, au moins dans les cas généraux. Le type Gramme présente des avantages d'isolement qui le font encore adopter dans les machines pour l'éclairage à arc; il permet, en outre, d'avoir un nombre de touches de collecteur égal à celui des sections de la circonférence. Mais, en général, on préfère aujourd'hui l'enroulement en tambour. L'enroulement bipolaire n'est plus guère employé que pour les petites puissances.

Les auteurs donnent deux exemples, avec schémas, d'enroulements multipolaires en tambour.

A. B.

X. — Architecture.

Engineering Record (11 décembre 1897) : *Bibliothèque de New-York.* — L'article donne une description sommaire de ce bel édifice, traité dans le style de la Renaissance ; il est accompagné des plans des différents étages et d'une vue de la façade.

—— *Bains publics de Chicago.* — On vient d'ouvrir à Chicago un vaste établissement de bains gratuits, susceptible de donner 100 bains par heure ; une description, illustrée de quelques dessins, est donnée de cet établissement.

XII. — Divers.

Minutes of Proceedings of the Institution of civil Engineers (1897, t. IV) : E.-W. Barnaby. — *Bateau de sauvetage.* — La Société Thorny-croft vient de construire pour la station du Höek van Holland un bateau de sauvetage à vapeur, dont l'organe de propulsion est une turbine. La turbine a été préférée à l'hélice, comme étant moins exposée à l'action de la mer en tempête.

La coque est en acier présentant une résistance de 41 à 47 kilogrammes par millimètre carré, et un allongement de

0 0/0 ; ses principales dimensions sont :

Longueur totale.........	16^{m},76
Longueur au maître-bau.	4 ,88
Creux	1 ,68
Déplacement............	34^{m3},865

La turbine a 0^{m},76 de diamètre, et à l'allure de 9 nœuds lébite 1 tonne d'eau à la seconde. La machine est du type compound à condenseur par surface, et la chaudière du type ubulaire Thornycroft ; elle peut monter en pression en vingt ninutes. La vitesse obtenue a été de 8^{n},5, la machine dévelop-pant 123 chevaux, et de 9^{n},29, la machine développant sa puis-sance maxima de 246 chevaux. Les formes du bateau ne sont pas calculées pour une vitesse de plus de 8^{m},5, et le supplément de force donnée à la machine a seulement pour but d'assurer qu'elle développera aisément en service ordinaire la force nécessaire pour la vitesse normale de 8^{n},5.

ientific American. — *Transport par rails des poissons.* — L'article donne des détails sur l'aménagement que la Commission amé-ricaine de Pisciculture a fait faire de wagons à bagages pour le transport des poissons sur rails. Les dispositions prises au point de vue de la température de l'eau et de la circulation de l'air permettent d'effectuer ces transports avec un déchet extrême-ment faible.

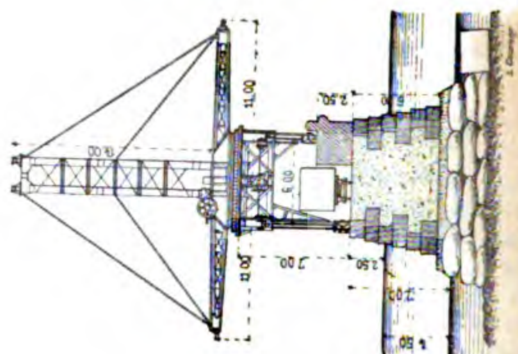
H. D.

PÉRIODIQUES ESPAGNOLS.

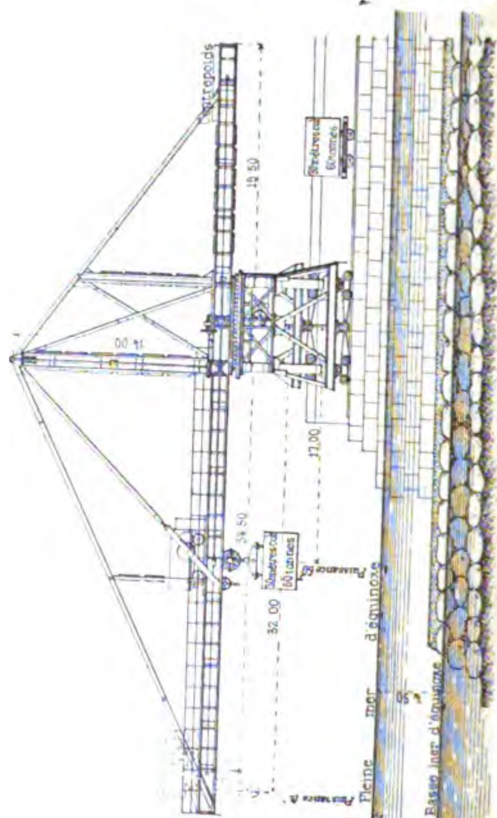
V. — Travaux maritimes.

vista de Obras publicas (2 décembre 1897) : E. de Churruca. — *Situation et avancement du port et de l'embouchure de Bilbao. Contre-môle ou digue de l'Est du port extérieur.* — Les travaux de la digue de l'Est, projetée avec 1.096 mètres de longueur, ont été adjugés en janvier 1894. On y a joint quelques ouvrages

Coupe transversale.



Élévation longitudinale.



Grue titan du port de Bilbao.

lémentaires, notamment un chemin d'accès, qu'on a ter-
s en 1896. La digue, enracinée sur des rochers qui découvrent
se mer, se termine par des fonds de 11 mètres. La super-
ure se compose de blocs de parement en béton de ciment
ulogne à 250 kilogrammes de ciment par mètre cube de
, enveloppant un noyau en béton de ciment de Zumaya à
logrammes de ciment par mètre cube de béton. La fon-
n se compose, au commencement de la digue, d'une couche
ton à prise rapide égalisant les aspérités du rocher, puis,
d le rocher ne découvre plus, de sacs de béton posés sur
cher, puis enfin, au-delà de 3 à 4 mètres de profondeur
a basse mer d'équinoxe, d'un soubassement en blocs arti-
 et sacs de béton, appuyé sur une base de blocs naturels.
avait construit, au commencement de l'exercice 1896,
ètres de la superstructure à partir de l'origine et, de plus,
jeure partie de la base en blocs naturels, ainsi que les
de défense d'un tronçon de la digue.

grue titan, commandée pour hâter la construction de la
structure, est entrée en fonction en juillet 1896. Elle a
is de construire, de juillet à septembre 1896, 80 mètres de
structure et, après réparation des avaries causées par les
ètes d'hiver, 74 mètres d'avril en juin 1897, soit 155 mètres
t l'exercice 1896-1897.

sacs de béton sont de deux grandeurs, cubant $4^{m3},50$
$^{3},60$. Ils sont fabriqués dans des caisses, intérieurement
es au préalable de l'enveloppe en toile, et placées sous la
nière qui les remplit rapidement; on applique et on coud
te la toile supérieure, et le sac est mis en place par la
titan. Pour parer aux pertes de ciment par lavage durant
bmersion, on fabrique le béton des sacs à ration de
logrammes par mètre cube.

nploi de la grue titan a donné d'excellents résultats. Tous
nouvements sont produits par le courant électrique,
ndré par une machine à vapeur de 75 chevaux, et amené
es câbles soutenus par des poteaux fixés dans le parapet.
nouvements sont les suivants : rotation de la poutre
e autour de la tour, en trois minutes ; élévation ou des-
des charges, à raison de 1 mètre par minute pour des
es de 60 tonnes, et de $2^{m},50$ pour des charges de
nnes; mouvement radial des charges le long de la poutre,
son de 7 mètres par minute, aussi bien pour la grande que
la petite charge (ce mouvement s'effectue en même

temps que celui de montée ou de descente) ; mouvement de translation de la grue sur sa voie à raison de 6 mètres par minute, permettant de mettre la grue facilement à l'abri quand une tempête vient à menacer.

XII. — Divers.

Revista de Obras publicas (30 décembre 1897 ; 13, 20, 27 janvier 1898) : F. Ramos Bascunana, P. Garcia Faria, F. Oliver. *Agrandissement, correction et assainissement de Carthagène.* Après avoir résumé l'histoire de Carthagène depuis l'époque romaine et montré que la ville, après avoir notablement dé… au moyen âge, en étendue et en population, a retrouvé à la … du XVIII[e] siècle l'importance qu'elle avait à l'époque romaine … a vu doubler depuis le chiffre de sa population (qui dépasse aujourd'hui 28.000 habitants), les auteurs examinent les conditions sanitaires de cette ville. Ces conditions sont déplorables. La durée de la vie moyenne, pour l'intervalle 1884-1894 … seulement de vingt-trois ans. L'insalubrité de Carthagène tient aux diverses causes suivantes : le paludisme produit par … alluvions vaseuses de la plaine d'Aljamar ; l'infection du sous-sol ; l'insuffisance de l'approvisionnement en eaux potables ; l'agglomération excessive de la population dans certains quartiers. Après la tuberculose vient immédiatement, parmi les causes de mortalité, la fièvre intermittente paludéenne.

Les auteurs proposent un plan d'agrandissement comportant de vastes quartiers neufs, dont les rues sont dirigées de manière à n'être pas enfilées par les vents dominants. Ces rues, toutes plantées d'arbres sur deux ou plusieurs files, avec chaussées triples, doubles ou simples, recevraient des largeurs de 60, 50, 40, 30, 25, 20 et 16 mètres, avec des profils variés selon les cas. Les chaussées seraient macadamisées dans … rues à faible parcours et l'on emploierait la voie Demerbe dans les rues très fréquentées. Les pentes seraient réglées de manière que les eaux de pluie s'écoulent à la mer par des pentes continues ; à raison de la grande largeur des rues, les égouts seraient doubles, etc. Par ces moyens, la ville de Carthagène pourra, comme Bilbao, rapidement s'accroître et s'enrichir.

F. D.

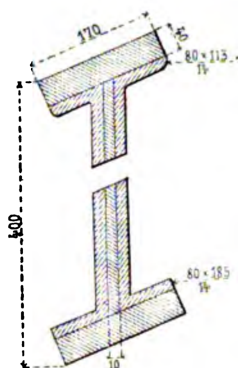
PÉRIODIQUES ITALIENS.

. — Matériaux et Procédés généraux de Construction.

le del Genio civile (juillet 1897): R. Gamberale. — *Chemin de Fabriano-Urbino-Sant'Arcangelo. — Travaux de consolidation la section Fabriano-Sassoferrato.* — Le tracé du chemin de fer e Fabriano et Sassoferrato, sur 16.707 mètres, rencontre terrains marneux et argileux qui ont nécessité d'impor- s travaux de consolidation de tranchées ou de terrains lés. — L'auteur décrit ces différents travaux qui ont con- en cuvettes de plate-forme maçonnées, murettes de soutien ied du talus, revêtement de talus en pierre sèche, rigoles arde au sommet des talus avec caniveaux de descente onnés, saignées en pierre sèche, murs de soutien avec reforts intérieurs, voûtes de soutien à axe vertical yées à des contreforts extérieurs, puisards... Ces dépenses onsolidation ont coûté 250.000 francs.

le del Genio civile (septembre-octobre 1897) : R. Girard. — *errain du col de Tende. — Traversée d'une faille remplie de tres boueuses semi-liquides et de gros blocs.* — L'épaisseur faille s'est trouvée être de 43m,44. On a employé, sur étendue, la méthode belge, qui comporte l'exécution par ments de la calotte supérieure, puis celle des piédroits et du er. L'auteur donne sur les travaux, qui furent très longs rès difficiles, les informations les plus circonstanciées, iquées par quatre planches chargées de dessins. Ces aux, détachés de l'entreprise, furent exécutés en régie.
a avait commencé par creuser la galerie d'avancement en ant usage d'armatures en bois ; mais la lenteur et la culté du travail, causées surtout par la rencontre de gros s de pierre noyés dans la masse boueuse, ont conduit à tituer à l'armature en bois une armature métallique. e-ci offre des dispositions entièrement nouvelles, imaginées r vaincre les obstacles provenant de la présence des blocs.
rmature métallique. — Châssis (Pl. page 454 *bis*, *fig.* 2, 3, 4, 5).

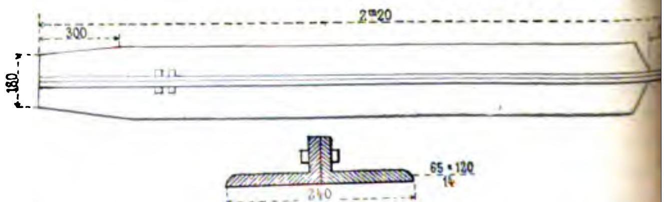
— Les châssis sont en acier doux. Chacun d'eux se compose deux cadres distincts, séparés l'un de l'autre par une co dentelée continue, destinée à livrer passage aux pièces mé liques constituant l'enveloppe de la galerie. Le linteau cintré. Les montants, rectilignes, ont un fruit de 0,075. Lin et montants sont assemblés dans les angles par de fortes équ (*fig*. 3). Le pied de chaque montant loge dans une plaque de fonte par des boulons aux extrémités d'u traverse en chêne de 40/25. Ain trouve complété par en bas le châ



La section de ce châssis est celle double **T** (*fig*. ci-contre) dont les sem sont inclinées sur l'âme d'un angle à celui des éléments de l'enveloppe l'axe de la galerie. En attendant ces éléments remplissent l'inter des deux cadres, composant le ch sis, des plaques jumelles, boulon sur ces cadres, les maintiennent p visoirement dans leurs positions pectives (*fig*. 3).

L'espacement des châssis est de $0^m,90$. Il est maintenu, châssis au suivant, par cinq entretoises métalliques en fe de **V** (*fig*. 2 et 3).

Barres de pénétration. — Les barres de pénétration, con tuant les anneaux successifs de l'enveloppe, mesurent $2^m,$ longueur, pointe comprise. Elles se composent chacune deux cornières à ailes inégales de 14 millimètres d'épaiss



rivées l'une contre l'autre et formant par leur réunion un à **T**, avec semelle de 0,240 de largeur et nervure de $0^m,$ de saillie. La semelle est arrêtée à $0^m,180$ de l'extrémité a

ure ; la nervure, terminée en pointe et trempée, existe ale sur cet espace. A l'extrémité postérieure, la largeur de semelle se réduit à 0^m,180. Les barres de pénétration, stinées au plafond, ont leurs semelles cintrées suivant la mbure du cadre d'appui ; celles destinées aux parois latéles ont leurs semelles plates. Deux barres spéciales, à secn de cornière, prennent place aux angles supérieurs du âssis (*fig.* 4).

Les barres de pénétration se disposent à recouvrement sur ux rangs, de manière à former une enveloppe entièrement rmée (*fig.* 4). Il y en a 11 dans le plafond et 11 sur chacun s côtés (dont 6 dans le rang intérieur, et 5 dans le rang térieur), soit 35 en tout, y compris celles des angles.

La coulisse à redans, qui existe entre les deux cadres du âssis, est disposée de manière à contenir exactement ces ux rangs superposés de barres, dont l'ensemble forme une veloppe évasée au dehors (*fig.* 2, 4 et 5).

Enfoncement des barres de pénétration. — Les barres de pénétraon sont enfoncées dans le terrain, soit à forts coups de aillet, soit au moyen d'un bélier, mû par six à huit hommes uivant la direction que doit suivre la barre, soit plutôt, afin 'éviter l'ébranlement causé dans le terrain par des chocs épétés, au moyen d'une vis de pression montée sur un bâti pécial et terminée par une tête prismatique, dans laquelle 'engage l'extrémité postérieure de la barre de pénétration *fig.* 2). Le bâti se compose de deux fers à double **T** jumeaux, ppuyés contre le quatrième châssis, à compter de l'extrémité le la galerie. Sur ce bâti, placé au lieu de concours des éléments inclinés de l'enveloppe, se fixe, à la hauteur convenable, un écrou à genouillère, traversé par la vis de pression. En faisant tourner l'écrou, on fait progresser la vis, et la barre le pénétration s'enfonce dans le terrain.

A raison de la distance des deux points d'appui, fournis par le châssis de tête et par l'écrou à la longue tige constituée par la vis de pression et par la barre de pénétration, on a interposé, dans l'intervalle, un troisième point d'appui, en accrochant au second châssis (à compter de l'extrémité) un guide mobile, traversé par la barre de pénétration (*fig.* 2). L'emploi de ce guide mobile est indispensable quand on se sert du mouton pour enfoncer la barre.

Exécution de la galerie d'avancement. — Le front de la galerie est clos par un masque en bois, formé de planchettes et de

madriers soutenus par des fers double T verticaux (f
On enfonce d'abord les barres de pénétration du p
commençant par celles du rang intérieur et en ayant s
assurer le passage ultérieur des barres du second
fixer provisoirement au cadre extérieur des fourrures
l'espace nécessaire. Il faut trouer au ciseau, ou
trépan, le masque en bois pour faire passer au tra
barres de pénétration. Quand celles du plafond sont en
on passe à celles des faces latérales, en commençant
par le rang inférieur. On peut se dispenser, en gén
poser tout de suite les deux ou trois premières barres
du pied.

Lorsqu'une barre rencontre un bloc, on la chasse au
ou au bélier jusqu'à rupture de ce bloc, en la remp
plusieurs fois, s'il le faut, par des barres neuves.

L'enveloppe ainsi formée est noyée dans le terrain en
du masque frontal. Il faut l'empêcher de ployer sous la c
à mesure qu'on la dégagera. A cet effet, on applique
parement intérieur de l'avant-dernier anneau de l'enve
un cadre en charpente, qui permet de coincer fortement,
des cales en bois, les queues des barres de pénétrati
l'anneau construit en dernier lieu (*fig.* 2, 4 et 5).

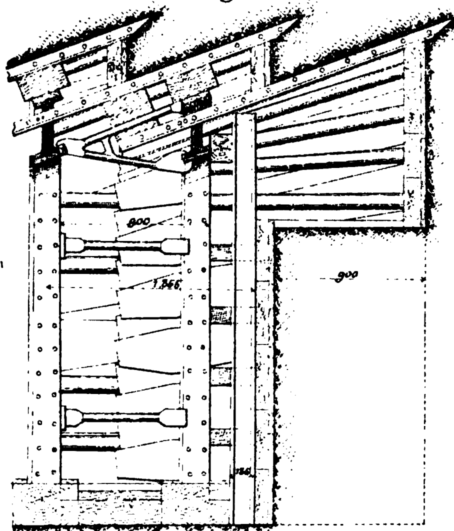
Il s'agit maintenant de procéder au déblai. Dans ce
on pratique à l'un des angles supérieurs du masque fr
une ouverture mesurant tout au plus $0^m,20$ sur $0^m,20$. On él
peu à peu cette ouverture, avec beaucoup de précaution,
ayant toujours sous la main, pour la fermer au besoin,
morceaux de planches et des étançons. Puis un ou
adroit et résolu enlève vivement, en s'aidant d'un croch
d'une petite pioche, les boues situées sous les barres de p
tration, afin de faire place à une première planchette
nouveau masque. S'il y a trop de difficulté, on susp
l'opération pour permettre aux boues de durcir et aux eaux
s'écouler. Il faut, en général, s'y prendre à plusieurs fois p
poser la première planchette, qui mesure seulement de
8 décimètres carrés. La petite fouille doit être boisée s
toutes ses faces.

On progresse ensuite par petits agrandissements successi
posant, à mesure de l'avancement, comme le montre la
fig. 5, des madriers horizontaux soutenus par des étanç
et prenant toujours soin de boiser complètement la fouille.

Quand celle-ci est achevée et que le masque frontal est to

ent

Fig. 5.

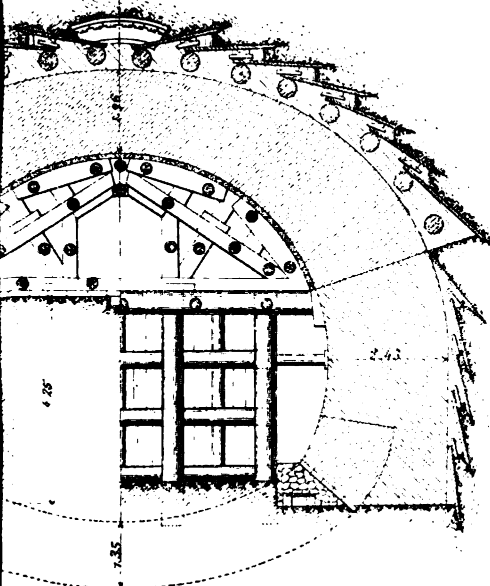


Élargisse sement

ts

Fig. 10. — Maçonnerie des piédroits et armature frontale du terreplein

Fig. 8. —



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque Paris



ement reporté en avant, on reporte aussi le double **T** de soutien, on enlève les étançons et on met en place une nouvelle semelle et un nouveau châssis métallique, sur le pourtour duquel on soutient les barres de pénétration avec des coins en bois (*fig.* 2).

Élargissement latéral de la galerie d'avancement. — La *fig.* 6 rend compte de ce travail qui s'exécute avec des bois ronds et les madriers par le système des armatures à longrines. On opère de proche en proche, de part et d'autre de la galerie d'avancement, par tronçons de $1^m,80$ ou de $3^m,60$ avec toutes les précautions employées pour le déblaiement de cette galerie. On vide ainsi le sommet de la section du tunnel, c'est-à-dire les surfaces marquées 1, 2 et 3, sur la *fig.* 1, qui représente le diagramme de la marche des travaux.

Cintrage complet de la voûte, construction de cette voûte, des piédroits et du radier. — Les *fig.* 1, 7, 8, 9 et 10 montrent comment on exécute successivement ces diverses opérations qui nécessitent toujours les soins les plus minutieux et exigent, en particulier, le revêtement de toutes les parois mises à découvert. Les cintres sont espacés de $0^m,90$ comme les châssis de la galerie d'avancement. Le mieux est de laisser les longrines extérieures enfouies autour de l'extrados de la voûte. La totalité des tassements avant la construction de la voûte a été d'environ $0^m,60$. Voûte, piédroits et radiers sont très épais comme le montrent les cotes des *fig.* 9 et 10. On les a exécutés, en général, en maçonnerie de briques, avec un mortier composé de 333 kilogrammes de chaux éminemment hydraulique de Palazzolo et de 167 kilogrammes de ciment de Portland à prise lente pour 1 mètre cube de sable.

Durée des travaux. — Dépenses. — Calculs. — Les travaux ont duré du 1er décembre 1894 au 31 mars 1896, ce qui donne, pour les $43^m,44$ de traversée de la faille, un avancement journalier moyen d'environ $0^m,09$. Le progrès journalier de la galerie d'avancement a été, avec l'armature en charpente de $0^m,08$ et, avec l'armature métallique, de $0^m,20$. La dépense s'est élevée à 300.673 francs, soit à 6.921 fr. 50 par mètre courant.

L'auteur donne la décomposition de cette dépense par nature d'ouvrages. Il donne aussi des calculs très étendus relatifs : 1° aux conditions de sécurité de l'armature en charpente et aux dimensions des bois ; 2° à la stabilité de l'armature métallique ; 3° à l'équilibre du revêtement maçonné. La question traitée dans cet important mémoire se trouve ainsi complètement étudiée.

X. — Architecture.

Il Politecnico (octobre 1897) : C. Scala. — *Le nouvel hôpi Humbert I à Monza.* — Cet hôpital, qui occupe un terrain 4 hectares et demi, peut contenir dès aujourd'hui 208 malad répartis entre 9 pavillons principaux et 3 petits pavill affectés aux varioleux, aux scarlatineux et aux diphtériques.

L'hôpital terminé comprendra 12 pavillons principaux 5 petits. Les pavillons principaux sont mis en communicati entre eux et avec les bâtiments d'administration par des p tiques légèrement construits.

Les pavillons de malades se composent d'un rez-de-chauss élevé sur caves à 1m,05 au-dessus du sol. Ceux destinés au maladies ordinaires, longs de 34m,30 et larges de 10m,50 (n compris les latrines établies dans un local détaché, préc d'un vestibule bien aéré), contiennent une salle de 20 lit longue de 25m,60, large de 9m,46 et haute de 5m,20 (ce q donne 63 mètres cubes par lit), et 4 chambres de 75 mèt cubes chacune, dont une pour un malade, une pour l'infirmi une autre pour le service, et la dernière pour les bains les douches.

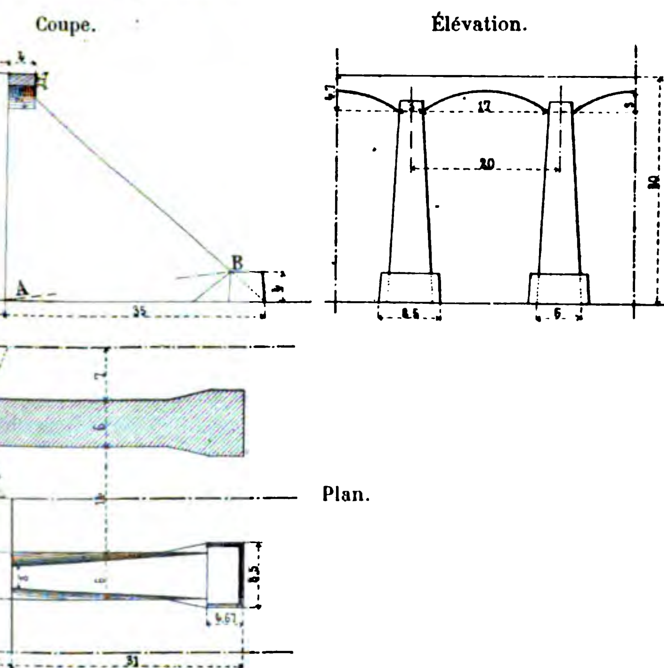
Les deux pavillons, destinés aux maladies chroniques, m surent 39m,30 de longueur et contiennent 25 lits. Les deux co tenant les malades soumis à des opérations chirurgical mesurent 35m,80 de longueur, contiennent 21 lits et sont su divisés en pièces de 8, 4, 2 et 1 lit. Enfin les deux pavillon réservés pour les diphtériques et pour les maladies infe tieuses non épidémiques, contiennent 19 lits, distribués e deux salles de 8 lits et en trois chambres de 1 lit.

Tous les bâtiments, sauf les petits pavillons isolés pour ma ladies épidémiques, sont chauffés à la vapeur, au moyen d'u groupe central de deux chaudières placées dans le sous-s de la cuisine. L'air frais est pris dans les sous-sols. L'air vici s'écoule par des conduits où le tirage est déterminé par de petits serpentins à vapeur. L'eau fraîche et l'eau tiède sont dis tribuées partout. Deux réseaux d'égouts écoulent, d'une part, les eaux de pluie et de simple lavage ; d'autre part, les matières fécales. L'éclairage se fait au gaz. Des sonnettes électriques et des téléphones font communiquer entre eux les différents locaux et les différents services. F. D.

PÉRIODIQUES SUISSES.

IV. — Navigation intérieure.

in de la Société vaudoise des Ingénieurs et des Architectes 7 et 8, 1897) : J. Gaudard. — *Barrages du Periyar, barrages voûtes.* — L'auteur recommande de donner aux barrages courbure générale et de les composer de demi-tours



les, convexes vers l'amont, appuyées sur de robustes con- rts à fruit très prononcé, selon la disposition étudiée par Pelletreau. Il examine cette disposition et la modifie en ains points (continuité du fruit des demi-tours rondes, — donné aux faces latérales des contreforts et élargissement

de leurs extrémités), de manière à obtenir un type qu'il com-pare au profil type de M. Guillemain et à trois profils propo-par M. Pelletreau. La comparaison, faite sous le rapport du c de la maçonnerie employée par mètre courant de barra pour des barrages de 30 mètres d'élévation, fait ressortir, une réduction de cube, l'avantage des modifications propos

L'auteur se sépare de M. Pelletreau en ce qui concerne prises d'eau. Il estime que « des ouvertures elliptiques, grandeur modérée, revêtues en pierre dure ou en mé peuvent être pratiquées sans danger dans des barrages voûtes ».

F. D.

VI. — Chemins de fer. — Tramways.

Schweizerische Bauzeitung (3 avril 1897) : E. Strub. — *superstructure du chemin de fer de la Jungfrau.* — La voi crémaillère du chemin de fer de la Jungfrau a été établie d manière particulièrement robuste, afin d'assurer une sécu complète. En raison de son altitude élevée, cette ligne ne guère avoir que cent jours d'exploitation par an. Sa capa doit donc être plus grande que celle des autres lignes, sont assurées d'avoir un plus grand nombre de beaux jours an.

Les trains se composent d'une voiture avec moteur conten 30 places et d'un poids de 15.000 kilogrammes, d'une secon voiture contenant 50 places et pesant 5.400 kilogrammes, qui, avec le poids des 80 personnes, soit 5.600 kilogramm donne, pour le poids total du train, 26.000 kilogrammes.

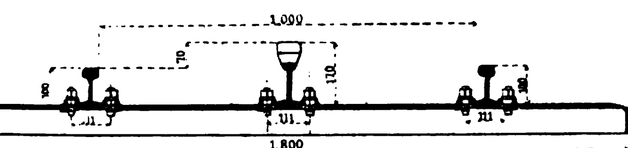
Ce poids correspond à un travail de :

$$\frac{26 \times (250 + 10) \times 8,5}{3,6 \times 75} = 212 \text{ chevaux-vapeur.}$$

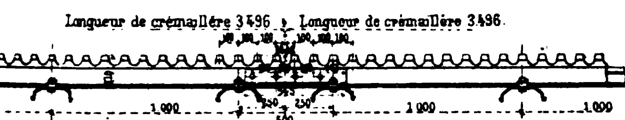
Il exige deux moteurs de chacun 125 chevaux environ, ag sant par des engrenages doubles, sur deux essieux dentés m teurs. La pression maxima sur une roue motrice est de $3^{T},3$, la charge maxima d'un essieu porteur de $3^{T},4$. La vite moyenne de marche doit être de $8^{km},5$ à l'heure, à char complète de 80 personnes, sur la rampe maxima du tracé est de 250 millimètres.

La voie, de 1 mètre de largeur, est formée de rails à patin

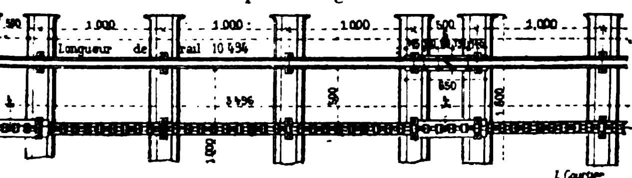
er de 10^{m},50 de longueur (soit 3 fois la longueur de la cré-
illère, qui est de 3^{m},50) ; leur hauteur est de 100 millimètres
nme au chemin de la Wengernalp, la largeur du patin de
millimètres, celle du champignon de 46 millimètres ; leur
ds est de 20^{kg},6 par mètre, et leur moment de résistance de
centimètres cubes. Ces rails sont posés sur 12 traverses



Coupe en travers



Coupe en long.



Plan.

talliques, de section trapézoïdale, ayant 1^{m},80 de longueur
pesant 37 kilogrammes. La crémaillère est du système Strub.
e est formée au moyen d'un rail à patin, dont la tête est
nconique ; dans cette tête sont découpées les dents de la cré-
illère. Chaque tronçon de crémaillère, d'une longueur de
50, est solidement fixé sur quatre traverses ; un éclissage
ergique est réalisé à chaque joint. Le diamètre de la roue
ntée est de 700 millimètres, le nombre des dents est de 22, la
geur de ces dents est de 70 millimètres, plus grande que celle
champignon qui est, à la partie inférieure pleine, de 37 milli-
tres, et à la partie supérieure dentée, de 62 millimètres. Les
nts de la roue et de la crémaillère sont chanfreinées des deux
és à la base pour permettre l'expulsion de la glace qui
nt s'engager dans la crémaillère. Cette crémaillère est d'une

grande simplicité ; elle n'exige aucune réparation, peut êtr
retournée bout pour bout et s'adapte facilement à tous le
rayons de courbure de la voie. Elle est en acier, présentan
une résistance moyenne de 45 kilogrammes par millimètr
carré, avec un allongement de 20 0/0 et ne pèse que 34 ki-

Profil du rail crémaillère.

Éclissage de la crémaillère.

grammes par mètre courant (celle du chemin de la Wenger-
nalp pèse 51kg,6). La superstructure complète pèse 125 kilo-
grammes par mètre courant.

Le chemin de fer de la Jungfrau comporte jusqu'à présent
deux sections : la première, à ciel ouvert, de la Scheidegg au
glacier de l'Eiger, a une longueur de 2.036 mètres, avec des
rampes qui n'atteignent nulle part le maximum de 250 milli-

ıètres et dont la moyenne est de 126 millimètres; la deuxième ection, qui va jusqu'au point de vue de Grindelwald, comporte ne rampe de 250 millimètres sur 1.789 mètres de longueur un tunnel de 1.622 mètres.

Le minimum du rayon des courbes est de 100 mètres dans la rtie à découvert et de 200 mètres en tunnel. L'altitude de la cheidegg est de 2.064 mètres au-dessus du niveau de la mer; lle du glacier de l'Eiger est de 2.321 mètres, celle de l'entrée ı tunnel de 2.420 mètres, et celle du point de vue de Grindelıld, de 2.812 mètres.

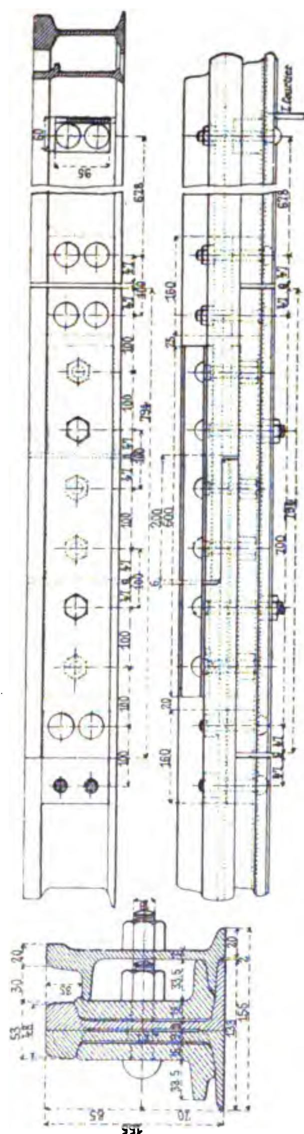
veizerische Bauzeitung (30 octobre, 6, 13 et 20 novembre 1897): Löwit. — *L'extension du réseau des tramways de Bâle.* — Les amways électriques de la ville de Bâle, établis il y a quelques nnées dans le système du fil aérien distribuant le courant ıx voitures, au moyen d'un trolley, ont donné de si favorables sultats que l'établissement de nouvelles lignes a été bientôt écidé. Les recettes ont atteint, en 1895, 1 fr. 07 par voiturelomètre, et, en 1896, 0 fr. 973.

En avril 1896, un crédit de 1.646.000 francs fut voté et, en ril et mai 1897, quatre nouvelles lignes ont été ouvertes à xploitation. Ce sont les suivantes:

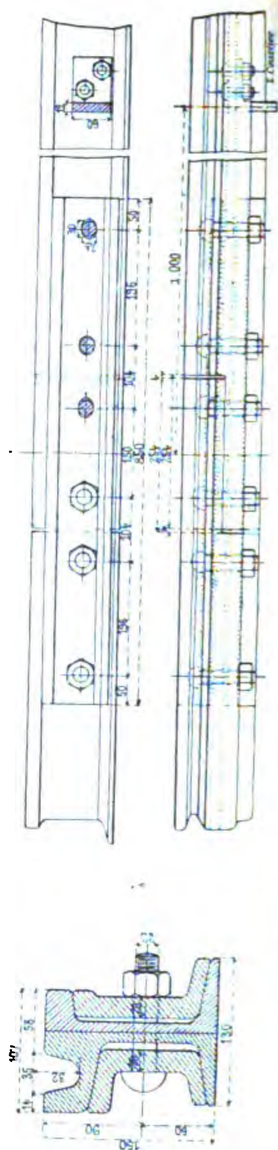
1° De la gare centrale à la gare badoise (par le nouveau pont);
2° De la place Aeschen à Birsfelden;
3° De la place Barfüsse à la rue de la Mission;
4° De la place Klara à Kleinhüningen.

Ces quatre lignes ont une longueur totale de 8.533 mètres, mprenant 5.632 mètres à voie unique et 2.901 mètres à uble voie; la proportion des alignements droits est de 80 0/0; lle des courbes, de 20 0/0. Le plus petit rayon des courbes t de 15 mètres; il n'est employé qu'une fois. On rencontre usieurs courbes de 25 et 30 mètres de rayon. Quant aux mpes, elles atteignent 40 millimètres par mètre, sur d'assez andes longueurs; on trouve exceptionnellement des rampes 63 et 74 millimètres en deux points et sur une longueur de mètres chacune.

La ligne principale du premier réseau (de la gare centrale à gare badoise par la place du Marché) avait été établie avec le l Phœnix VII^{b}, qui présente une largeur d'ornière de 30 millitres, avec une profondeur de 24 millimètres, et pèse 73^{kg},5 r mètre courant. Ce profil de rail est très suffisant pour un



Rail Haarmann. — Profil 47.



Rail Phœnix. — Profil 17[illegible]

amway à traction de chevaux exploité au moyen de voitures gères. Avec une exploitation électrique par voitures lourdes, rail était trop faible, et on a dû en chercher un autre qui t plus résistant.

La question de la superstructure des tramways électriques a é traitée à la dernière conférence de l'Association internaonale permanente des Tramways, à Stockholm, du 26 au août 1896. M. *Fischer-Dick*, rapporteur, a résumé comme il uit les conditions nécessaires à réaliser pour le rail : « Une rgeur au patin de 120 à 130 millimètres; une largeur en tête 50 à 60 millimètres; un éclissage aussi robuste que possible; ne profondeur d'ornière de 40 millimètres; comme métal, un ier d'une densité bien égale, d'une résistance de 65kg,00

Après une étude comparative on a été amené à adopter, pour voie des tramways de Bâle, le système Haarmann et le sysme Phœnix. Le rail Haarmann (profil 47f) a été employé pour s lignes 1 et 4; le rail Phœnix (profil 17b) pour les lignes 2 et 3.

Les dimensions des deux profils sont les suivantes :

	Haarmann 47f	Phœnix 17b
Hauteur du rail	155mm	150mm
Largeur du pied	155	130
Épaisseur de l'âme	9	16
Largeur de la tête	48	58
Largeur de l'ornière	30-40	35
Profondeur de l'ornière	35	32
Poids par mètre courant	109kg,50	117kg,17
Moment d'inertie	1.866	1.894
Moment de résistance	240	237

Une station centrale de production d'électricité met en mouement une dynamo, de 85 tours à la minute, avec une tension e 550 volts, 250 kilowatts au maximum et 150 en moyenne.

Le prix de revient de la force motrice peut être évalué comme suit, par wagon-kilomètre, non compris l'intérêt et l'amortissement du capital de premier établissement :

Combustible	1 fr. 96
Graissage	0 24
Salaires	0 83
Eau	0 07
Divers	0 20
Total	3 fr. 30

Les wagons, fournis en 1895 par la maison Siemens et Halske pour la ligne principale de l'ancien réseau, ne comportaient qu'un seul moteur placé sous le milieu de la voiture et relié par chaînes aux essieux. Des wagons d'un nouveau type à deux moteurs ont été adoptés pour les nouvelles lignes; ces wagons ont une longueur totale de 7m,10 entre les tampons, un écartement d'essieux de 1m,50 et un poids net de 6.850 kilogrammes.

L'exploitation se fait par des wagons qui se suivent à intervalles très rapprochés : trois minutes sur certaines lignes, six minutes sur d'autres; cet intervalle est porté à douze minutes après huit heures et demie du soir.

La fréquentation est très grande : elle est de 16.000 voyageurs par jour; elle s'est élevée, un dimanche d'août, à 27.587 personnes, non compris les abonnements.

G. H.

XI. — Administration. — Législation.

Bulletin de la Société vaudoise des Ingénieurs et des Architectes (n° 1, 1898) : *Conditions générales pour la soumission et l'exécution des Travaux publics de la Confédération helvétique* (approuvées le 20 juin 1894).

F. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

1898.

N° 20

OUVRAGES FRANÇAIS.

I. — Sciences appliquées.

LOT (H.). — Barème servant au calcul des courbes de raccor-**ement en arc** de cercle, à l'usage de MM. les ingénieurs, con-**ducteurs**, agents voyers, entrepreneurs, etc. ; par Henry Collot. **gent** voyer à Amance. In-16, 127 p. Vesoul, impr. et libr. Bon.

LARPE (C. de). – Notes et formules de l'ingénieur, du construc-**teur**-mécanicien, du métallurgiste et de l'électricien ; par Cl. de **Laharpe**. 11ᵉ *édition*, revue, corrigée et considérablement aug-**mentée**, contenant près de 1.000 figures, suivie d'un vocabulaire **technique** en français, anglais, allemand, par un comité d'ingé-**nieurs**, sous la direction de L.-A. Barré et Ch. Vigreux, ingé-**nieurs** des arts et manufactures. In-16, XVI-1.312 p. Paris, **impr**. et libr. Bernard et Cⁱᵉ.

II. — Matériaux et Procédés généraux de construction.

HÔMIENNE (C.). — Fabrication de l'acier et procédés de forgeage de diverses pièces ; par Cl. Chômienne, ingénieur des forges de Couzon, établissements Arbel, à Rive-de-Gier (Loire). In-8°, 232 p. avec fig. et 33 pl. Paris, impr. et libr. Bernard et Cⁱᵉ. 10 fr.

DUPLAIX (M.). — Résistance des matériaux. Poutres droites à une travée et appuis simples. Théorie des convois périodiques et applications; par M. Marcelin Duplaix, ingénieur des arts et

manufactures. In-8°, 51 p. et pl. Paris, impr. Chaix, 19, r
Blanche.

Duquesnay. — Résistance des matériaux ; par M. Duquesn
directeur des manufactures de l'État. 2e *édition*. In-16, 17
Saint-Amand, impr. Destenay, Bussière frères. Paris, libr. G
thier-Villars et fils ; libr. Masson et Cie. 2 fr. 50.

Lefort (L.). — Consolidations des tranchées et remblais argil
par L. Lefort, ingénieur en chef des ponts et chaussées. In-
76 p. avec fig. Angers, impr. Burdin. Paris, libr. Baudry et
Legouëz (R.). — De l'emploi du bouclier dans la construction
souterrains; par Raynald Legouëz, ingénieur des ponts
chaussées, détaché au service des égouts de la ville de Pa
In-8°, x-448 p. avec fig. Évreux, impr. Hérissey. Paris, libr. B
dry et Cie.

Simonet (E.). — Maçonneries ; par Eugène Simonet, conduct
des ponts et chaussées. In-16, viii-443 p. avec fig. Tours, im
Deslis frères. Paris, libr. Vicq-Dunod et Cie.

III. — Routes. — Ponts et Viaducs.

Espitalier (G.). — Cours de construction. Ponts et viaducs ; p
en maçonnerie; ponts en bois; ponts métalliques ; par Geor
Espitalier, chef de bataillon du génie. In-4°, 209 p.
285 grav. Limoges, impr. et libr. Charles Lavauzelle. Par
libr. de la même maison, 10 fr.

Michelier. — Note sur le relèvement d'un pont métalliqu
Verdun par un détachement du 5e régiment du génie ; par
capitaine du génie Michelier. In-8°, 12 p. avec fig. Nancy, imp
Berger-Levrault et Cie.

IV. — Navigation intérieure.

Statistique de la navigation intérieure. Relevé général du tonna
des marchandises (Année 1896). 1er volume. In-4°, 509 pages
carte en coul. Paris, Impr. Nationale. 8 fr.

Vauthier (L.-L.). — Amélioration des passes de la Basse-Sein
— Aménagement de l'estuaire. — Exposé. — Indications gén
rales, étude du chenal de flot. Son immuabilité, chenal d
jusant. — Profil suivant le chenal de navigation. — Renseigne
ments fournis par les relevés périodiques du chenal navigable
Coup d'œil d'ensemble sur l'estuaire. Premier pas : amener

tement le chenal de jusant jusque sous Honfleur. — nd pas : Joindre le chenal de jusant à la fosse de flot. en du fonctionnement des dispositions proposées et comnts nécessaires. — Parachèvements possibles. — L'état oses créé se maintiendra-t-il? Obstacles pouvant naître fficultés d'ordre non technique. 27 pages, 4 planches bleau. Laffay à Beaugency.

. — **Chemins de fer. — Tramways. — Automobiles.**

aux (R.). — La traction mécanique des tramways (Étude fférents systèmes ; comparaison et prix de revient) ; par ond Godfernaux, ingénieur des arts et manufactures. ii-376 p. Evreux, impr. Hérissey. Paris, libr. Baudry .

.). — Les transports en commun et les Métropolitains dans andes villes étrangères et à Paris ; par Paul Haag, ingéen chef des ponts et chaussées. Conférence faite à la é française des ingénieurs coloniaux. In-8°, 54 p. Paris, Chaix ; libr. Baudry et Cie.

. — Les tramways et les chemins de fer sur routes. 3e *édi*ar Sérafon, revue et corrigée par MM. Dumas, ancien cteur principal au service municipal de la ville de Paris, Graffigny, ingénieur civil. Un volume in-8° de près de ges, avec figures. 20 fr.

.). — Chemins de fer. Construction et Voie ; par A. Sirot, cteur principal des ponts et chaussées. In-16, viii-495 p. g. Tours, impr. Deslis frères. Paris, libr. Vicq-Dunod et Cie.

ue des chemins de fer français au 31 décembre 1895. nents divers. Première partie : France (intérêt général). vi-294 p. Paris, Impr. Nationale. 5 francs.

ne partie : France (Intérêt local) ; Algérie et Tunisie. vi-412 p. Paris, Impr. Nationale. 5 francs.

- Génie rural. — Assainissement. — Distribution d'eau.

(J.). — Barrage du Periyar. Barrages en voûtes ; par udard, professeur à l'École d'ingénieurs de Lausanne. ges, 1 pl. Baudry et Cie, éditeurs, Paris.

z (G.). — Service municipal. Plantations d'alignement ; enades, parcs et jardins publics ; par Georges Lefebvre,

conducteur des ponts et chaussées. In-16, VIII-359 p., avec fig. Tours, impr. Deslis frères. Paris, libr. Vicq-Dunod et Cie.

VIII. — Machines.

BOULVIN (J.). — Cours de mécanique appliquée aux machines (6e volume), machines locomotives et bateaux à vapeur; par J. Boulvin, ingénieur. Un volume in-8° de 330 p. et 293 fig. Prix : 10 fr.

CUVILLIER (T.). — Législation et contrôle des appareils à vapeur; par T. Cuvillier, contrôleur principal des mines. In-16, VIII-388 p. Tours, impr. Deslis frères. Paris, libr. Vicq-Dunod et Cie.

DUMONT (G.) et G. BAIGNÈRES. — Les engins de manutention; par G. Dumont et G. Baignères, ingénieurs des arts et manufactures. In-8°, 158 p. avec fig. Paris, impr. Chaix; libr. Vicq-Dunod et Cie; aux bureaux du journal *le Génie civil*, 6, rue de la Chaussée-d'Antin. 7 fr. 50.

GODARD. — Les nouveaux générateurs Belleville; par M. Godard, ingénieur de la marine, directeur des ateliers de la Société des générateurs Belleville. Grand in-8°, 11 pages et 5 planches. Paris, impr. et libr. Chaix.

MARIÉ (G.). — Régulateurs, organes de réglage et volants des machines. Théorie de la corrélation de ces appareils entre eux, par Georges Marié, ingénieur, chef de division à la Compagnie P.-L.-M. Un volume 25 × 16 de 181 pages et 4 planches. 9 fr.

VERMAND (P.). — Les Moteurs à gaz et à pétrole; par Paul Vermand, ingénieur des constructions navales, 2e *édition*. In-16, 180 p. avec fig. Saint-Amand, impr. Bussière frères. Paris, libr. Gauthier-Villars et fils; Masson et Cie. 2 fr. 50.

IX. — Électricité.

ARMAGNAT (H.). — Instruments et méthodes de mesures électriques industrielles, par H. Armagnat, chef du bureau des mesures électriques des ateliers Carpentier. Un vol. in-8° carré de 588 pages, avec 175 fig., cart. à l'angl. — Prix, 12 fr.

BECKER. — Manuel d'électrochimie et d'électrométallurgie, par M. Becker, ingénieur-chimiste, ancien directeur de l'Usine d'aluminium de Saint-Michel (Savoie). Un volume in-8°, 520 pages, avec 141 figures et 2 planches. — Prix broché, *10 fr.*

BOULGAKOFF (N.). — La Distribution électrique sur la surface

n anneau, par M. Boulgakoff, privat docent de l'Université Saint-Pétersbourg. In-4° à 2 col., 19 p. avec fig. Évreux, pr. Hérissey. Paris, libr. G. Carré et C. Naud.

IN. — Traité élémentaire d'électricité pratique, 3e *édition*; Boulvin, ingénieur des mines, professeur d'électrotechnue à l'École industrielle de Bruxelles. Un vol. petit in-8° de pages, avec près de 500 figures. — Prix cart., 7 fr. 50.

NSKI (E.). — Sur les unités magnétiques, par E. Bryski, ingénieur des télégraphes. In-4° à 2 col., 15 p. avec fig. eux, impr. Hérissey. Paris, libr. G. Carré et C. Naud.

Sur la résistance des conducteurs en courant variable; par Brylinski, ingénieur des télégraphes. In-4° à 2 col., 31 p. eux, impr. Hérissey. Paris, libr. G. Carré et C. Naud.

T (E.). — Manuel pratique de l'électricien. Guide pour le ntage et l'entretien des installations électriques, par Ernest iat, ingénieur des arts et manufactures, 3e *édition*. In-18 is, VI-552 p. avec fig. Mâcon, impr. Protat frères. Paris, . Baudry et Cie.

HEL (C.). — Ampèremètre thermique à mercure, par Charles ichel, maître de conférences au laboratoire de physique ustrielle de l'Université de Lille. In-4° à 2 col., 8 p. avec Évreux, impr. Hérissey. Paris, libr. Carré et Naud.

Z (M.). — Traité d'électricité industrielle théorique et prae, par Marcel Deprez, membre de l'Institut. 2e fascicule : ctro-Cinétique; Électro-Magnétisme; Électro-Dynamique; uction électro-magnétique. In-8°, p. 369 à 806, avec figures. -le-Duc, impr. Comte-Jacquet. Paris, 17, rue des Bernar- s. 12 fr.

IG (J.-A.). — Le Laboratoire d'électricité. Notes et formules, le Dr J.-A. Fleming, de l'University College de Londres. duit de l'anglais sur la 2e édition et augmenté d'un appen- par J.-L. Routin, ancien élève de l'École polytechnique. °, VII-152 p. avec fig. et planches. Paris, impr. et libr. Gaur-Villars et fils.

TALIER (E.). — Formulaire de l'électricien, par E. Hospita-, ingénieur des arts et manufactures, professeur à l'École physique et de chimie industrielles de la ville de Paris année, 1887). Augmenté d'un vocabulaire technique fran--anglais-allemand, par M. Levylier, ancien élève de l'Ecole technique. In-18, 432 p. avec fig. Paris, impr. Lahure; lib. son et Cie.

EVIGUE (L.). — Sur le résidu électrique des condensateurs,

par M. L. Houllevigue, maître de conférences à la Faculté des sciences de Lyon. In-8°, 45 pages avec fig. Paris, impr. Gauthier-Villars et fils ; libr. Masson et Cie.

Malagoli (R.). — Sur le décalage de phase produit par un polarisateur introduit dans un circuit à courant alternatif, par Riccardo Malagoli, professeur à Modène. In-4° à 2 col., 15 p. avec grav. Évreux, impr. Hérissey. Paris, libr. G. Carré et C. Naud.

Minet (A.). — Les fours électriques et leurs applications, par Ad. Minet, ingénieur chimiste, directeur du journal *l'Électrochimie*. In-16, 179 pages. Saint-Amand, impr. Bussière frères. Paris, libr. Gauthier-Villars et fils ; Masson et Cie. 2 fr. 50.

Tommasi (D.). — Note sur l'accumulateur Tommasi et sur son application à la traction des véhicules et à l'éclairage des voitures de chemins de fer, par M. D. Tommasi. In-8°, 8 pages avec fig. Marseille, imprim. Barlatier.

X. — Architecture.

Esquié (P.). — Vignole. — Traité élémentaire d'architecture, comprenant l'étude complète des cinq ordres, le tracé des ombres et les premiers principes de construction, par Pierre Esquié, architecte du gouvernement, ancien pensionnaire de l'Académie de France à Rome, 76 planches gravées. 1 volume grand in-4° en carton, ou broché avec onglets. Prix : 10 fr. Charles Schmid, éditeur à Paris.

Fragments d'architecture du moyen âge et de la renaissance, d'après les relevés et restaurations des anciens pensionnaires de l'Académie de France à Rome, publiées sous la direction de H. d'Espouy, professeur à l'École des Beaux-Arts. Reproductions des dessins de MM. Ancelet, André, Bénard, Blavette, Blondel, Boitte, Brune, Chedanne, Daumet, Defrasse, Deglane, d'Espouy, Esquié, Eustache, Girault, Guadet, Laloux, Loviot, Moyaux, Nenot, Pascal, Paulin, Pontremoli, Redon, Sortais, Tournaire, Ulmann. 1 volume in-folio, 100 planches en héliogravure, avec notice historique. Prix en carton, 150 fr. Charles Schmid, éditeur à Paris.

Fragments d'architecture antique, d'après les relevés et restaurations des anciens pensionnaires de l'Académie de France à Rome, publiés sous la direction de H. d'Espouy, professeur à l'École des Beaux-Arts. 1 volume in-folio, 100 planches en héliogravure, avec notice historique. Prix en carton, 150 fr. Charles Schmid, éditeur à Paris.

XII. — Divers.

nnuaire du Bureau des Longitudes pour 1898. — Le volume de ette année, outre une foule de renseignements scientifiques, ontient les Notices suivantes : Sur la stabilité du système olaire; par M. H. Poincaré. — Notice sur l'œuvre scientifique e M. H. Fizeau; par M. A. Cornu. — Sur quelques progrès ccomplis avec l'aide de la Photographie dans l'étude de la irface lunaire; par MM. M. Lœwy et P. Puiseux. — Sur les avaux exécutés en 1897 à l'observatoire du mont Blanc; par . J. Janssen. — Discours prononcés au cinquantenaire acadéique de M. Faye, le 25 janvier 1897; par MM. J. Janssen et . Lœwy. In-18 de VI-806 pages, avec 2 cartes magnétiques. uthier-Villars et fils. 1 fr. 50.

uaire de l'observatoire municipal de Montsouris, pour nnée 1898 (analyse et travaux de 1896). — Météorologie. — imie. — Micrographie. — Applications à l'hygiène, avec diaammes et figures dans le texte. Gauthier-Villars et fils. 2 fr.

VRE (J.). — L'acétylène; par J. Lefèvre, professeur à l'École s sciences de Nantes. 1 volume in-18 jésus de 400 pages, ec figures. Cartonné 5 francs.

e du travail. Note sur le minimum de salaire dans les travaux blics en Angleterre, en Belgique, en Hollande, en Suisse, x États-Unis et en France. Analyse des documents officiels cueillis sur la demande du conseil supérieur du travail. -4°, 131 pages. Paris, Impr. Nationale. Ministère du commerce.

ODIL (C. de). — Le carbure de calcium (Historique ; Fours ectriques; Fabrication industrielle; Propriétés et Applicans); par M. C. de Perrodil. In-8°, 84 p. avec fig. Marseille, p. Berthelet et Cie.

1898. — 1er TRIMESTRE.

TABLE DES MATIÈRES

PAR ORDRE D'INSERTION.

ANNALES

DES

PONTS ET CHAUSSÉES

1re PARTIE

MÉMOIRES ET DOCUMENTS

7e SÉRIE

8e ANNÉE

1898

2me TRIMESTRE.

EXTRAIT DU CAHIER DES CHARGES

DE L'ÉDITEUR DES ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

(Période 1881-1900)

Conditions stipulées au profit des auteurs :

Vingt-cinq exemplaires seront remis à chacun des auteurs mémoires publiés.

. . . .

Mme Dunod devra exécuter, pour le compte des auteurs qui auront fait la demande au moment même où ils enverront le manuscrits à l'Administration, et sur l'avis qui lui en sera donné des tirages à part de leurs mémoires aux prix suivants :

1° Par *feuille de texte* et pour le premier cent d'exemplaires 10 francs ; pour chaque centaine en plus, 5 francs ;

2° Par *planche* et par cent exemplaires, 10 francs ;

3° Pour *brochage, couverture et faux frais :* pour une feuille de texte seule, 2 fr. 50 ; pour chaque feuille supplémentaire, chaque planche, 25 centimes ;

4° Pour un *titre spécial imprimé*, 10 francs.

Les auteurs qui ne pourraient s'entendre avec Mme Dunod pour la publication et la vente de leurs mémoires extraits des *Annales* qu'ils voudraient publier séparément pourront, avec l'autorisation de l'Administration, traiter avec tout autre éditeur et, dans ce cas, les planches et les bois des *Annales* pourront leur être prêtés pour les tirages qu'ils auront à faire ; mais la mise en vente de leurs mémoires ne pourra avoir lieu qu'un an au moins après la publication de la dernière des livraisons des *Annales* auxquelles ils auront été empruntés.

AVIS IMPORTANT.

La Commission des *Annales* rappelle qu'elle n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs, et qu'elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

TOURS. — IMPRIMERIE DESLIS FRÈRES.

ANNALES

DES

)NTS ET CHAUSSÉES

Ire PARTIE

MÉMOIRES ET DOCUMENTS

RELATIFS

A L'ART DES CONSTRUCTIONS

ET AU SERVICE DE L'INGÉNIEUR

7e SÉRIE

8e ANNÉE

1898

2me TRIMESTRE

PARIS

Vve CH. DUNOD, ÉDITEUR

BRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES

49, Quai des Grands-Augustins, 49

ANNALES
DES
'ONTS ET CHAUSSÉES

MÉMOIRES ET DOCUMENTS
RELATIFS
A L'ART DES CONSTRUCTIONS
ET AU SERVICE DE L'INGÉNIEUR

N° 21

PAROLES

PRONONCÉES SUR LA TOMBE

DE

M. THÉODORE BŒSWILWALD,

INSPECTEUR GÉNÉRAL HONORAIRE DES PONTS ET CHAUSSÉES

Par M. BROSSELIN, Inspecteur général,
Vice-Président du Conseil général des Ponts et Chaussées.

Messieurs,

M. Bœswilwald était mon camarade d'École, nous étions s d'une sincère amitié, et c'est avec une profonde émom que je viens, devant cette tombe qui va se fermer, l dire un suprême adieu et résumer sa vie à grands aits.

Originaire de Strasbourg, où il est né le 17 mai 1832, œswilwald est entré en 1851 à l'École polytechnique ; il i est sorti le dixième, et, à l'École des Ponts et Chaus-

sées, il a pris et conservé la tête de notre promotion, ce qui lui a valu l'honneur d'être attaché, pendant un an, au Secrétariat du Conseil général des Ponts et Chaussées.

Il a fait ses débuts, comme ingénieur ordinaire de 3e classe, en 1857, dans le département de Tarn-et-Garonne, où il a été chargé, à la résidence de Montauban, du service ordinaire, de la navigation du Tarn, d'études relatives aux inondations, et, deux ans plus tard, en 18.. il a été nommé de 2e classe et attaché, à la résidence de Tarbes, à la construction du chemin de fer de Toulouse à Bayonne.

C'est lui qui a exécuté, de 1859 à 1866, la section de Tarbes à Montréjeau, l'embranchement de Tarbes à Bagnères-de-Bigorre, et il s'est particulièrement distingué dans l'étude et la construction de ces deux lignes dont la première comportait plusieurs tunnels, de grands viaducs et des terrassements importants et difficiles. Son chef qui était un ingénieur éminent, M. Frécot, et la commission de reconnaissance des travaux qu'il avait dirigés ont mis en évidence le talent dont il avait fait preuve, et ils ont réclamé pour lui la croix de la Légion d'honneur, qui lui a été accordée le 8 août 1867.

Bœswilwald avait, à ce moment, quitté le Midi pour revenir au pays natal, et, depuis le 16 février 1866, il était chargé, à Strasbourg, des travaux du Rhin, du contrôle de l'exploitation des chemins de fer de l'Est et du service municipal qu'il tenait de la confiance de ses concitoyens. Il était encore à Strasbourg au moment de la guerre de 1870 ; il en a subi le siège, et il y a fait son devoir en bon Français.

Après l'annexion qui lui a déchiré le cœur, il a été chargé, en 1872, du service ordinaire de l'arrondissement de Compiègne, de la navigation de l'Oise et de diverses études de chemins de fer. Il venait d'être nommé de 1re classe, et il est resté dans ce service jusqu'au moment

a été promu, en 1877, au grade d'Ingénieur en chef
classe.
 été placé alors à la tête du département de la
-Savoie, et, un an plus tard, en 1878, le Ministre
pelé à Soissons et lui a confié la direction de la
ation de l'Aisne, du canal des Ardennes et du canal
Dise à l'Aisne.
 conservé cet important service pendant quatorze ans:
 terminé sa carrière, et son œuvre maîtresse y a été
nstruction du canal de l'Oise à l'Aisne, qu'il a eu à
ger, sur un avant-projet sommaire et avec un per-
l insuffisant, dans des conditions très délicates, et
a su mener à bonne fin malgré les difficultés tout à
exceptionnelles qu'a présentées l'exécution du sou-
in de Braye.
avait été nommé Ingénieur en chef de 1re classe, le
oût 1882. Au moment où il aurait pu prétendre au
 d'Inspecteur général, pour lequel il avait été pro-
dès l'année 1886, sa vue, qui n'avait jamais été
e, se trouvait considérablement affaiblie. Il a été
é, en 1892, de se faire mettre en disponibilité, et
 seulement le 21 février 1894, après son admission
retraite, qu'il a été nommé Inspecteur général hono-
: récompense tardive et bien méritée de ses excellents
ces.
eswilwald s'était marié en 1872, et il avait épousé
femme de grand mérite, avec laquelle il a vécu dans
us parfaite union. Il a eu la douleur de la perdre en
, et, depuis lors, il s'est consacré tout entier à son
ont les succès ont été sa consolation.
vivait par lui et auprès de lui. Il avait supporté cou-
usement les épreuves qu'il avait eu à traverser. Il
 conservé la bienveillance, la sérénité d'âme qui
ient le charme de son commerce, qui lui conciliaient
es les sympathies, et il a été enlevé, après une maladie

de quelques jours, en pleine activité de corps et d'esprit, alors que de longues années lui paraissaient encore réservées.

Il laisse un nom honoré, que son fils, élève comme lui de l'École polytechnique, saura porter dignement, et il emporte les profonds regrets de tous ceux qui l'ont connu et aimé et qui conserveront fidèlement son souvenir.

Puisse l'expression de ces regrets adoucir la douleur de son fils et de sa famille !

Adieu, mon cher Bœswilwald, adieu !

4 mai 1898.

N° 22

NOTICE

SUR

M. ÉDOUARD BOLLAERT,

NIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES, AGENT GÉNÉRAL
DE LA SOCIÉTÉ DES MINES DE LENS

Par M. FÉLIX BOLLAERT,
élève de l'École polytechnique, Ingénieur civil des Mines.

---

le 26 décembre 1813, à Bailleul (Nord), d'une
able famille du pays, M. Édouard-Jacques-François
rt fit ses études au collège de Bailleul, au pen-
t du Mont-des-Cats, et enfin, comme externe, au
e royal de Douai. Reçu bachelier ès-lettres en
il se prépara à l'École Polytechnique, et, après
suivi les cours du lycée Charlemagne comme
de l'institution Bourdon, il fut admis à l'École, avec
néro 67 sur 140 reçus, en 1833.

a fin de la première année, il était 26ᵉ et gagnait
e six rangs en seconde année, ce qui lui permettait
oisir la carrière des Ponts et Chaussées.

ntra donc à l'École des Ponts et Chaussées en
comme Élève-Ingénieur de 3ᵉ classe. Il répétait
iers à ses enfants et petits-enfants quel effort
gie et de travail il lui avait fallu pour sortir de l'École
echnique dans les services civils, malgré une grave
ie contractée, au moment des concours, au chevet
camarade qu'il était allé soigner.

oyé en mission au Havre (mai 1836) et chargé, par
ngénieur en chef Frissard, de projets de route dans

l'arrondissement, ainsi que de la surveillance du ph
de Tancarville, il avait à peine commencé ses trav
qu'une autre destination lui était donnée (juin 1836).
était envoyé à Châteauroux, où il déploya un zèle
le département de l'Indre voulut reconnaître par une
cation supplémentaire spéciale.

Rentré à l'École des Ponts et Chaussées, il obtint,
deuxième année, le 3e rang sur 23 Élèves-Ingénieurs.

Sa seconde mission eut lieu (mai 1837) au port de Ca
sous les ordres de M. l'Ingénieur en chef Néhou. C
mission terminée, M. Bollaert, qui se préparait à fair
troisième année d'École, fut brusquement désigné pour la
fonction d'Ingénieur ordinaire, à la résidence de Saint-

Cette nomination, malgré la marque d'estime qui
attachait, ne fut pas sans lui causer une cert
déception ; il espérait sortir de l'École avec le pre
rang et obtenir ainsi soit le Secrétariat du Co
général des Ponts et Chaussées, soit une mission
Angleterre, en tout cas le droit de choisir sa réside

Il partit néanmoins pour Saint-Lô où il fut chargé,
les ordres de M. l'Ingénieur en chef Dan de la Vaute
d'un nouveau service, comprenant les marais de Care
et les études du canal du Cotentin destiné à réunir,
l'intérêt du commerce maritime et de la navigation m
chande, les côtes est et ouest du département de
Manche, entre Carentan et Port-Bail.

Nommé Aspirant-Ingénieur (octobre 1838), il étudia
cialement la partie du canal comprise entre Saint-Sauv
le-Vicomte et la baie du Port-Bail, et reçut, à ce su
des témoignages de vive satisfaction du Ministère
Travaux publics.

En octobre 1839, on lui proposa un poste plus imp
tant à l'Ile Bourbon, où l'on cherchait à créer un p
Mais M. Bollaert, malgré les avantages que lui offr
cette situation, préféra se rapprocher de son pays na

rès un congé qu'il employa à voyager en Belgique et
llande, il obtint, en mars 1840, d'être chargé du ser-
rdinaire de l'arrondissement d'Avesnes (Nord), mal-
s démarches de M. l'Ingénieur en chef La Rue, qui
dait son maintien aux travaux du canal du Cotentin.
1840 à 1842, M. Bollaert consacra son activité à
rement de nombreux chemins de grande communi-
dans son nouvel arrondissement et fit le projet du
de jonction de la Sambre à l'Escaut par la Rhonelle.
décembre 1840, il en était récompensé par le grade
nieur de 2e classe.
elé, en août 1842, à la résidence de Lille, sous les
de M. l'Ingénieur en chef Bosquillon de Jenlis, il
ant-projet du réseau de chemins de fer de Lille à
rque et de Lille à Calais par Saint-Omer. En août 1845,
confia les études définitives de la ligne de Lille
ebrouck sous les ordres de M. Davaine, Ingé-
n chef à Lille. En 1847 et 1848, il fut chargé du
le du chemin de fer du Nord, sous la haute direc-
MM. Onfroy de Bréville, Didion et Bineau. Le
vier 1849, M. Ed. Bollaert était attaché au service
lique du département du Nord (création nouvelle),
s ordres de MM. Lamarle et Charrié, ingénieurs en
Il avait, dans l'intervalle, été nommé Ingénieur
re de 1re classe, et il reçut les insignes de Chevalier
Légion d'honneur, des mains du Prince-Président,
son passage à Lille, en mai 1849.
s cette époque, il rencontra, dans la société de Lille,
eillante pour les jeunes fonctionnaires, Mlle Célina
qui appartenait à une des plus honorables familles
ville et qui devait être la compagne dévouée de sa
et laborieuse existence. Le mariage fut célébré le
embre 1850, à l'église Saint-Étienne. Peu de temps
les circonstances vinrent modifier profondément la
e de M. Ed. Bollaert.

Depuis quelques années déjà, des forages et des s dages étaient pratiqués dans le département du Pas-Calais, en vue de reconnaître si le bassin houiller du N ne se prolongeait pas vers le détroit du Pas-de-Ca Ces recherches ayant été couronnées de succès, des c cessions pour l'exploitation des gisements découverts fu demandées au Gouvernement. Trois industriels de Li MM. Jules Casteleyn, Tilloy-Casteleyn et Scrive-La (les deux premiers, oncle et père de Mme Bollaert), tinrent la concession des Mines de Lens par décrets 15 janvier 1853 et 27 août 1854. Ces concessionna eurent la pensée de demander à M. Ed. Bollaert, qui avait aidés de ses conseils lors des premiers forages collaboration pour la mise en œuvre de l'affaire nouv

Honoré de cette proposition, attiré par le grand inté technique qui s'offrait ainsi à son activité, M. Ed. Bolla voulut cependant, à la veille d'être nommé Ingénieur chef (il reçut ce grade en mai 1857), se réserver faculté de reprendre, après un certain nombre d'ann la carrière des Ponts et Chaussées à laquelle il étai resta toujours profondément attaché.

C'est dans ces conditions qu'il fut appelé aux Mines Lens, en qualité d'agent général, le 30 novembre 18 par la délibération suivante du Comité d'administratio

« La nomination d'un agent général est proposée au Com
« par son Président qui en fait ressortir l'urgence.
« même temps qu'il en rappelle les attributions, lesquel
« doivent consister dans l'exécution des résolutions pr
« par le Comité d'administration, dont il doit, dit-il, ê
« l'œil, l'organe et le bras. M. Ed. Bollaert est prése
« au Comité pour remplir ces fonctions par M. Castele
« qui met aux voix sa nomination. L'unanimité ét
« acquise à M. Ed. Bollaert, l'assemblée le procla
« Agent général. »

M. et Mme Bollaert vinrent donc habiter Lens, au co

ment de l'année 1856. Les débuts de l'agent géné-
la Société des Mines de Lens furent assez pénibles.
ul puits d'extraction existait, la fosse Sainte-Élisa-
et le produit était, en moyenne, de 2.077 hecto-
par jour, soit 62.210 tonnes par an. La vente se
dans un rayon très restreint, et le transport de
ille avait lieu par chariots jusqu'au rivage de Pont-
t, sur la Deûle, pour la mise en bateaux. D'autre
avant l'arrivée de M. Ed. Bollaert, les services inté-
de la Société laissaient à désirer : des difficultés et
nflits se produisaient entre eux. L'Agent général
les choses en bon ordre et, tout en s'attachant le
nel par son équité et sa bienveillance, montra, dès
ment, la droiture et l'énergie de son caractère.
ntôt il mit à l'étude le foncement de la fosse n° 2, dite
and-Condé et un peu plus tard celui de la fosse n° 3,
Amé, à Liévin. Puis vint le n° 4 qu'on nomma
Louis, sur la route d'Arras. Les puits 1 et 2 furent
par une ligne de chemin de fer, au canal de la
à Pont-à-Vendin. Cette nouvelle voie remplaça avan-
sement, par ses facilités de chargement et sa rapi-
'ancien système de charrois, si lent et si coûteux.
chemin de fer du Nord construisit, vers 1860, la
des houillères. Le raccordement successif des puits
ouvelle ligne permit à la Société des Mines de Lens
dre sa vente et, par suite, d'augmenter son extrac-
a Société prit alors et d'une manière ininterrompue
rable essor que l'on sait.

avait obtenu une mention honorable à l'Exposition
selle de 1855. En 1867, elle fut récompensée par
édaille d'argent, et son président, M. Bigo-Danel,
la croix d'Officier de la Légion d'honneur.

l'année 1865, le Comité d'Administration des
de Lens avait fait des démarches en vue d'obtenir
distinction pour son Agent général, M. Ed. Bollaert

qui, par ses efforts constants, avait tant contribué à la prospérité de la Société. Malgré le mérite du candidat, il ne fut pas donné suite à cette proposition.

Habitant de la ville de Lens, M. Ed. Bollaert s'intéressait aux affaires locales. Nommé conseiller municipal en 1860 et constamment réélu depuis, il était toujours prêt à donner le concours de son expérience et de ses connaissances spéciales à ses concitoyens. Se souvenant des services ainsi rendus à l'administration communale, comme de la part qui revient à M. Bollaert dans le développement de la ville de Lens, le Conseil municipal, par délibération du 27 janvier 1898, a décidé que la partie du faubourg de Béthune située entre les deux voies ferrées (partie du faubourg où a toujours habité M. Bollaert et où se trouve le siège de la Société des Mines de Lens) prendrait la dénomination de rue « Edouard-Bollaert ».

C'est en 1867 que se produisit à Lens la première grève des ouvriers mineurs. Par sa fermeté, sa modération et son influence sur les esprits, M. Ed. Bollaert parvint, en peu de jours, à rétablir le travail, en conciliant à la fois les demandes des ouvriers et les droits de la Société dont il était le représentant.

Trois ans après, le 20 août 1870, au moment où éclatait la guerre avec l'Allemagne, M. Ed. Bollaert réussit encore, en faisant appel aux sentiments de patriotisme de son personnel, à arrêter une seconde grève, qui prenait, en raison des circonstances, un caractère des plus graves.

Dans ces moments critiques où l'ennemi était signalé aux environs mêmes de Lens, et se sachant déjà désigné comme otage, M. Ed. Bollaert, resté à son poste, organisa les services provisoires de paiement en billets émis par la Société des Mines de Lens, afin de suppléer au numéraire qui manquait dans la région.

Quand le calme revint dans le pays, M. Ed. Bollaert proposa au Comité d'Administration et réalisa avec son

ntiment la construction d'écoles de garçons et
les de filles, d'ouvroirs, de chapelles et d'églises, en
du bien moral et religieux des populations minières.
même temps les moyens de production de la
été étaient étendus successivement et conçus, avec
cherche incessante du progrès, par le concours d'un
nieur des Mines du plus grand mérite, M. E. Reu-
x, qui, dès 1866, avait été chargé de la direction des
ux, sur la proposition de M. Ed. Bollaert, et qui,
is, a été son plus précieux collaborateur et ami.
1873, le puits n° 5 était creusé près de la gare,
rix des plus grandes difficultés. Bientôt, d'autres
s étaient mises en exploitation, et l'attention publique
xait sur le développement remarquable des Mines de
, qui eurent l'honneur de recevoir les visites les
llustres.
1878 et en 1889, la Société des Mines de Lens,
les Expositions universelles, était distinguée par des
npenses très honorables; elle recevait le Chef de
le 1er juin 1889.
1896, on achevait le puits n° 12, qui, sur le désir du
té d'Administration, fut dénommé « puits Saint-
ard ».
tait, pour M. Édouard Bollaert, la récompense de
ngs et utiles travaux.
xtraction qui, depuis 1855, avait présenté un accrois-
nt régulier, s'élevait, au 31 décembre 1896, à la
du décès de l'agent général, à 2.733.720 tonnes,
ites par l'exploitation de douze sièges.
s ouvriers étaient au nombre de 10.057, alors qu'ils
ent que 397 au début de l'entreprise.
ville de Lens, qui ne comptait en 1856 que 3.000 habi-
, en a maintenant près de 20.000.
Ed. Bollaert a donc vu l'importance considérable prise
l'œuvre à laquelle le Comité d'Administration des

Mines de Lens l'avait associé, qu'il avait connue dans ses humbles débuts et à laquelle il a apporté, pendant quarante-deux ans, ses soins les plus dévoués dans une collaboration de part et d'autre amicale et confiante, qui honore à la fois ceux qui l'ont appelée et conservée pendant si longtemps, et celui qui l'a donnée avec une si infatigable sollicitude.

M. Ed. Bollaert avait une haute idée des devoirs que lui imposait le mandat dont il était investi, et il entendait les remplir avec la conscience qu'il mettait en toutes choses.

Naturellement bienveillant et bon, il pouvait être ferme, parce qu'il s'efforçait toujours d'être juste. Il voulait que chacun accomplit sa tâche avec zèle et exactitude, et il l'obtenait aisément, parce qu'on savait qu'il était, lui aussi et autant qu'aucun autre, l'homme du labeur probe et quotidien. « Je ne suis, disait-il, que le premier employé de la Société », marquant, par cette parole modeste, ce qui était, en réalité, sa pensée profonde et la règle de sa vie. Du jour où il a accepté définitivement les fonctions d'Agent général, il a considéré qu'il s'y devait absolument et exclusivement. Dès lors, aucune préoccupation personnelle, aucune idée ou ambition extérieure, rien de ce qui ne concernait pas la Société des Mines de Lens, n'a eu prise sur lui, malgré la rare et curieuse activité de son intelligence. En dehors de la vie de famille et des relations affectueuses qu'il aimait à entretenir avec ses collaborateurs, il n'a voulu connaître et pratiquer que ses fonctions, persuadé que, pour répondre à la confiance que le Comité avait mise en lui, il devait s'y donner tout entier.

Par ses avis et ses prescriptions, mais plus encore par son exemple, M. Ed. Bollaert a su établir, aux mines de Lens, cet esprit de dévouement actif et scrupuleux qui, à tous les degrés, distingue le personnel de cette Société et qui en est à la fois la force et l'honneur.

N° 23

MÉMOIRE

SUR LE

ONT-CANAL DE BRIARE

Par M. MAZOYER, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

CHAPITRE I.

EXPOSÉ ET HISTORIQUE DE LA QUESTION.

e 1er octobre 1897, le mouillage de 2m,20 a été isé définitivement dans le nouveau bief de Briare ; de 19 kilomètres, dont 17 font partie du canal ral à la Loire, et 2, du canal de Briare, et qui comd le nouveau grand pont-canal de Briare long de mètres, entre les extrémités de ses culées. Ce pontil a été construit pour assurer la jonction du canal ral à la Loire au canal de Briare et, par là, à Paris ux réseaux navigables du Nord et de l'Est, d'une ière absolument indépendante de la Loire.

e nouveau bief et le pont-canal avaient été ouverts à irculation, en date du 16 septembre 1896, avec un illage de 1m,80 seulement, par mesure de prudence, raison du relief de la cuvette au-dessus du sol natu- Le pont-canal avait été essayé d'une manière spée, après son achèvement en 1894, à deux reprises

différentes :

1° du 2 au 22 novembre,
2° du 4 au 10 décembre.

On avait, à cette époque, réalisé, à l'intérieur du p[...] canal, au moyen d'un remplissage, par machine é[...] toire :

Le mouillage de	1m,80	et au-dessus pendant		1 jour
—	2m,00	—	—	1 —
—	2 ,20	—	—	13 —
		Total		15 jours

En outre, le nouveau bief avait été, au cours [...] l'année 1896, rempli progressivement, et l'on avait r[...] lisé le mouillage de 1m,80 :

Au mois de juillet 1896	6 jours
— septembre 1896	5 —
Total	11 jours

L'ouverture du nouveau bief à la circulation, à la d[...] du 16 septembre 1896, avait donc été précédée d'essai[...] la tenue de 1m,80 poursuivis avec succès pend[...] 15 + 11 = 26 jours.

Le mouillage de 1m,80, après huit mois d'exploitati[...] fut porté à 2 mètres le 16 mai 1897, puis à 2m,2[...] 1er juillet 1897. La tenue de 2m,20 fut maintenue [...] 1er au 20 juillet.

Après le chômage de 1897, le remplissage à 2 mèt[...] fut entrepris immédiatement et terminé le 17 septem[...] et le mouillage de 2m,20 fut atteint le 1er octobre 18[...] Nous sommes donc fondé à dire que, dans ces conditio[...] c'est à titre définitif.

L'expérience faite depuis cette dernière date jusq[...] ce jour confirme pleinement ce résultat.

A la date de ce jour, le nouveau grand pont-canal
mpte :

308 jours d'exploitation dans la période écoulée entre l'ouverture à l'exploitation, le 16 septembre 1896 et le chômage de 1897;

173 jours depuis la terminaison du chômage de 1897.

AL. 481 jours.

Parmi ces 481 jours, cet ouvrage a supporté la tenue
2^m,20 :

Antérieurement au chômage de 1897........	20 jours
Depuis le 1er octobre dernier jusqu'à la date de ce jour (1er mars 1898)................	151 jours
Total..............	171 jours

Pendant cette même période, le pont-canal a donné
sage à 12.243 bateaux, dont 8.104 pendant la pre-
re campagne d'exploitation, et 4.139 depuis le chô-
e de 1897.

L'œuvre importante dont l'exécution a été commencée
6 mai 1890 par l'adjudication des travaux de fonda-
et de substructure maçonnée du pont-canal vient
d'être terminée après huit campagnes de travaux
.335.187 fr. 18 de dépenses en travaux et acquisitions
errains.

s résultats semblent définitivement acquis au réseau
voies navigables françaises. Le moment est donc
d'en rendre compte.

r la ligne navigable de Paris à Lyon par le Bour-
ais, une série ininterrompue de canaux assure, entre
-Mammès et Châlon-sur-Saône, la jonction de deux
es bien complètement canalisées et éminemment
es à la navigation, la Seine et la Saône. Aussi, de
temps, cette ligne de navigation a-t-elle eu un trafic
tant et qui la classait, par ordre de tonnage, la

quatrième grande artère du réseau français depuis longtemps déjà et notamment en 1890 à l'époque où les travaux de Briare allaient débuter.

A ce moment, on pouvait constater, sur la carte des transports par eau en France, les quatre grands courants ci-après :

1° De Paris sur la Belgique, de 2 à 3.000.000 de tonnes à distance entière suivant les sections ;

2° De Paris au Havre (minimum de 1.243.000 tonnes à distance entière entre Conflans et Rouen) ;

3° De Paris sur l'Est par Reims, de 600 à 800.000 tonnes à distance entière ;

4° De Paris à Lyon par le Bourbonnais, de 400 à 600.000 tonnes dans les canaux reliant la Seine et la Saône et spécialement 565.000 tonnes au canal latéral à la Loire.

Toutefois cette dernière ligne présentait un point faible : le passage à niveau du canal latéral avec la Loire, à Châtillon-sur-Loire, ce canal passant de la rive gauche sur la rive droite du fleuve pour rejoindre le canal de Briare, et de là Paris.

On peut observer qu'en 1822, à l'époque où le canal latéral a été projeté, et de 1827 à 1838, période pendant laquelle il a été exécuté, le canal latéral à la Loire devait avoir pour objectif aussi bien Nantes que Paris et peut-être Nantes plus encore que Paris. Nous possédons encore dans les archives de notre service les tracés de ce canal sur la rive gauche jusqu'à Orléans.

On avait l'intention, dès 1825, de remplacer la Loire par un canal latéral en allant aussi loin qu'il le faudrait vers l'aval pour trouver un débit minimum et surtout un mouillage minimum satisfaisant pour le commerce. Ainsi l'écluse de Fleury située sur le canal latéral entre Nevers et Decize, a été fondée en 1827, ainsi que l'atteste la collection de pièces de monnaies de cette année trouvées

un état parfait de conservation à l'intérieur d'une
e urne et au milieu d'une boîte en plomb remplie de
sière de charbon. Cette boîte était scellée dans une
té pratiquée dans l'une des pierres de taille de la
aval de l'écluse qu'il a fallu déplacer pour allonger
écluse.

ais, quel que soit celui des deux objectifs que l'on
idère en partant de la Loire supérieure, c'est-à-dire
artant de Roanne ou de Digoin, il faut remarquer
es villes de Nevers, La Charité et Cosne qui s'élèvent
es coteaux de la rive droite, depuis les bords mêmes
euve jusque sur le plateau, ne laissaient aucune place
le passage d'un canal latéral entre la ville et le fleuve.
s villes se seraient d'ailleurs opposées à ce qu'on les
rât du fleuve dont la navigation n'était encore qu'à la
ière période de sa décadence et qui, par suite, fai-
eur prospérité, surtout avant l'établissement des voies
es.

ant à passer sur le plateau, en arrière des centres
és par rapport au fleuve, cela est possible pour une
ferrée qui les contourne en s'élevant pour redes-
re ensuite le long du cours d'eau. Mais il serait inad-
ble de multiplier ainsi les biefs de partage le long
canal latéral à un fleuve, en raison des dépenses et
difficultés d'alimentation. Ce serait contraire aux
s de l'art les plus élémentaires.

rce était donc de disposer le canal sur la rive gauche
euve où aucun de ces inconvénients n'existait. Mais,
relier le nouveau canal aux canaux préexistants
la région — les anciens canaux de Briare et du
re ouverts dès les XVII[e] et XVIII[e] siècles, œuvres de
er et de Gauthey, — il fallait franchir deux fois la
, une première fois à Digoin et une seconde fois
de Briare.

Digoin, grâce à M. l'Ingénieur en Chef Vigoureux,

la solution du passage du fleuve au moyen d'un pont-canal fut adoptée et réalisée avec un plein succès.

Entre Digoin et Briare, le canal devait franchir au Guétin un affluent de la rive gauche de la Loire presque aussi important que le fleuve lui-même : la rivière d'Allier. Là encore, grâce à l'un de nos éminents prédécesseurs, la solution du passage avec pont-canal fut réalisée, et c'est ainsi que sur les trois grands ponts-canaux en maçonnerie existant en France en 1890, deux de ces ponts : celui de Digoin (200 mètres) et celui de Guétin (400 mètres), se trouvent sur le canal latéral à la Loire, le troisième, celui d'Agen (580 mètres) étant établi pour le passage du canal latéral à la Garonne, d'une rive à l'autre du fleuve.

Pourquoi cette même solution n'a-t-elle pas été adoptée à Châtillon-sur-Loire ?

On peut invoquer d'abord l'importance croissante de l'ouvrage nécessaire pour franchir le fleuve.

Les eaux à écouler à Châtillon-sur-Loire dépassent la somme des eaux qui passent sous les ponts-canaux de Digoin et du Guétin, puisqu'il faut y ajouter le débit de tous les affluents de la Loire qui se jettent dans le fleuve entre Digoin et Nevers :

L'Arroux à Digoin ;

La Bèbre, près Dompierre ;

L'Aron, à Decize ;

La Nièvre, à Nevers.

Donc on conçoit qu'il faille bien compter sur un débouché de 600 mètres pour un pont-canal dans la région de Briare.

Mais il n'y avait point là qu'une simple question de dimensions totales et de dépenses.

Il faut tenir compte de deux autres éléments :

1° La multiplicité et les dimensions des points d'appui nécessaires ;

La hauteur disponible.
es dimensions des arches et les épaisseurs des piles
les suivantes :

	Ouverture des arches	Largeur des piles
à Digoin.......	16m.00	3m,00
au Guétin......	16 ,00	3 ,04

tte succession de piles et d'arches est admissible
la Loire et l'Allier coulant séparément. Le serait-
encore pour ces deux cours d'eau réunis et grossis
uents ?
était forcément conduit à examiner l'éventualité
ertures d'au moins 40 mètres, séparées par des
qui auraient dû avoir au moins 4 mètres d'épaisseur.
ption d'ouvertures aussi grandes est indispensable
éviter les remous importants et si dangereux pen-
les crues de la Loire. Cette dimension de 4 mètres
les piles était d'ailleurs indispensable pour réduire,
une limite convenable, les pressions dans la sub-
ture maçonnée supportant l'énorme charge d'une
d'eau jetée au-dessus de ces points d'appui.
en 1838, on n'avait pas encore abordé, au moins
mment, l'ouverture de 40 mètres pour les routes.
chemins de fer étaient encore à leur début. *A for-*
ne pouvait-on songer à des arches de cette dimen-
pour les canaux.
ns même parler de l'influence des crevasses bien
considérable encore avec les arches de 40 mètres
ec les arches courantes de 16 à 20 mètres des ponts-
x existants, on peut remarquer que des arches de
le ouverture sous canal même surbaissées seulement
3 ou à 1/4 auraient eu l'inconvénient d'exercer des
ées d'une intensité exceptionnelle sur les culées de
age. Elles auraient, en outre, conduit à des hauteurs
coup trop considérables au point de vue du raccor-

dement de la cuvette maçonnée avec les canaux existants.

Si, avec la poutre droite adoptée, on a eu déjà de sérieuses difficultés d'ordre administratif et d'ordre technique pour se relier aux canaux préexistants — et il sera facile d'en juger par la suite, — toute surélévation au-dessus de ce niveau minimum, obtenu grâce à l'emploi de la cuvette métallique en poutre droite, eût conduit à de véritables impossibilités.

Mais nous pouvons dire, dès à présent, que les premières études entreprises au service du canal latéral avec l'assentiment de tous les Inspecteurs Généraux qui s'étaient succédé jusqu'en 1880 attribuaient au niveau du plan d'eau du pont-canal la cote

138^{m},00,

tandis que, à la suite des conférences relatives au projet d'exécution du nouveau bief, le service du canal de Briare demanda et obtint que ce niveau fût abaissé à la cote

137^{m},50,

en vue d'éviter le relèvement du bief de ce canal et les indemnités qui en eussent été la conséquence.

C'était subordonner un ensemble considérable de travaux et la question capitale de la sécurité de la nouvelle voie navigable au-dessus de la Loire à une question d'indemnités relativement secondaire.

Dans tous les cas, on peut conclure qu'au point de vue soit des relations administratives avec les services voisins du canal, soit des difficultés techniques, on était limité par la hauteur.

Et soit qu'on considère la cote 138 mètres pour le plan d'eau du nouveau bief, cote à laquelle correspond une revanche de 2 mètres entre le dessous du tablier et des

hautes eaux, soit la cote 137^m,50 pour ce même plan ı, avec 1^m,5.) de revanche au-dessus de ces plus es eaux, comme l'amplitude des crues s'élève jusqu'à 0 au-dessus de l'étiage et qu'il s'agit d'un grand

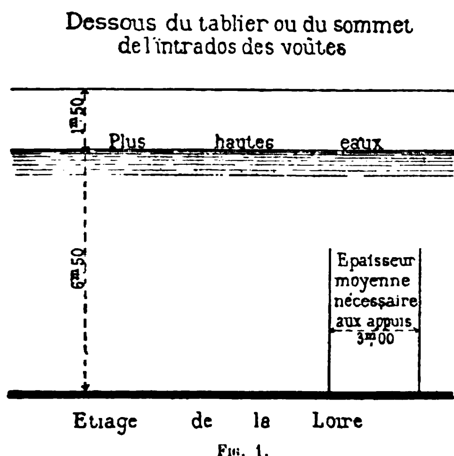


Fig. 1.

ve à régime torrentiel où les vitesses en temps de ide crue sont considérables, on conçoit facilement l ne soit pas possible de trouver, en partant de ces nées, une solution satisfaisante avec des voûtes en onnerie, n'obstruant pas la section d'écoulement dans proportions dangereuses et n'exposant pas les tym-s baignés par les eaux à des actions destructives pour ont.

lais, d'autre part, en 1838, l'on ne pouvait concevoir ée d'une bâche métallique.

Le premier pont-canal métallique est celui des houil-es de la Sarre (trois travées, l'une centrale de mètres et deux autres travées de rive de 10 mètres). ur les canaux à section réduite, type « canal du rry », on peut citer le pont-canal jeté sur la Bourbince ur le passage de la rigole navigable de Gueugnon (trois

travées, l'une de 21^{m},50, les deux autres de 16^{m},20). Ce pont, œuvre de M. Chabas, alors Ingénieur en Chef du Canal du Centre, remonte à la période 1870-1873.

Les Ingénieurs de 1838 se trouvaient donc condamnés, faute de pouvoir songer à l'emploi du métal, à renoncer à la solution du passage au-dessus du fleuve et à adopter le passage à niveau. Mais, en 1880, ils pouvaient envisager des moyens plus puissants pour résoudre la difficulté et on aborda l'étude d'un pont-canal avec bâche métallique en fer.

Toutefois, eu égard aux poids des ponts-canaux avec cuvette métallique, assurant 2^{m},20 de mouillage et une voie de bateaux pour bateaux de 5 mètres de largeur, l'emploi du fer travaillant à la limite maximum, 6 kilogrammes, conduisait à des rivures d'une épaisseur moyenne de 0^{m},10 et d'une épaisseur maximum de 0^{m},14. Or, même avec des rivets de 22 et 25 millimètres de diamètre, des rivures portant sur 10 et 14 semelles de 0^{m},01 ne présentaient pas une sécurité suffisante sous le double rapport :

1° Du serrage des tôles ;

2° Des variations possibles dans les efforts de glissement longitudinal.

Aussi, si l'emploi du fer a permis de présenter le principe de la solution, seul l'emploi de l'acier doux travaillant à la flexion et avec une limite de travail de 10 kilogrammes a permis de résoudre le problème d'une manière satisfaisante dans les projets d'exécution et de le réaliser en pratique en réduisant les dimensions nécessaires des éléments de l'ossature métallique et notamment en réduisant les épaisseurs à river à 6 centimètres, en général, et à 95 millimètres au plus, couvre-joint compris, sur quelques longueurs relativement très faibles au-dessus des première et dernière piles.

Mais si c'est l'acier doux, apte à travailler à la flexion,

permis la réalisation sûre et pratique du pont-canal
iare, d'un autre côté, c'est ce grand ouvrage qui a
cré définitivement (décision ministérielle du 25 no-
re 1890) l'emploi officiel de l'acier doux travaillant à
sion dans les travaux publics en France où l'on ren-
ait, à titre de précurseurs, les ponts de la Braye sur
ne de Tours à Sargé (réseau de l'État, décision mi-
ielle du 3 octobre 1885) et le pont Caulaincourt
e municipale de Paris, décision ministérielle du
ril 1887).

est l'historique sommaire de la solution de ce diffi-
roblème portant sur l'exécution d'une poutre droite
e poids, par mètre courant, avec surcharge d'épreuve
us du double du poids par mètre courant, dans les
ions analogues, d'une travée de chemin de fer à
oies de 75 mètres d'ouverture.

principe de cette solution étant connu, nous pouvons
ner maintenant avec plus de détails les dispositions
mble du nouveau bief appelé à franchir la Loire
manière absolument indépendante de ce grand
.

ès avoir vu pourquoi on avait été conduit, en 1838, à
r une traversée à niveau de la Loire par le canal,
vons à indiquer brièvement comment cette traver-
est comportée jusqu'à son remplacement, en 1896,
pont-canal, c'est-à-dire pendant cinquante-huit ans.

dispositions du passage en Loire sont bien connues
siques. Nous avons seulement à rappeler ici qu'elles
tent dans un chenal de 55 mètres de largeur situé
deux digues basses arasées :

e, dite digue d'Ousson à $0^m,50$ au-dessus de
e ;

tre, dite digue de Châtillon à $1^m,20$ au-dessus de
e.

principale masse des eaux de la Loire coule dans

ce chenal au lieu de divaguer dans un lit qui, en ce p
n'atteint pas moins de 335 mètres de largeur. De là
effet d'enlèvement plus rapide des sables mobiles
constituent le lit du fleuve et une tendance à l'appro
dissement. Mais, de plus, pour réaliser et mainten
mouillage convenable dans ce chenal, le service d'entre
procède presque constamment à des dragages. L'éco
ment des sables étant essentiellement variable, ces d
gages sont surtout nécessaires quand le débit de sabl
trouve exceptionnellement augmenté pendant cert
périodes, autrement dit lorsqu'il passe une *grève de* s
pour employer la locution locale usitée.

La longueur du chenal, tracée obliquement par rapp
à l'axe du fleuve et qu'il s'agit d'entretenir entre les d
écluses d'entrée en Loire du canal latéral sur cha
rive, est de 1.020 mètres; en raison du trafic considéra
que ce passage desservait jusqu'en 1896, le service ap
tait tous ses soins à l'entretien particulièrement diffic
de cette partie de voie.

Malgré tous ces soins, le mouillage obtenu était i
gulier et insuffisant par rapport à l'ancien mouillage n
mal ($1^m,60$) du canal latéral pendant près du 1/3
l'année.

Voici, du reste, les chiffres pour les trois dernièr
années où le passage en Loire a desservi le trafic.

Nombre de jours où le mouillage a été :	1894	1895	1896
égal ou supérieur à 1 mètre.	293 jours	319 jours	359 jours
— $1^m,20$...	220	254	359
— $1^m,60$...	104	120	234

On voit donc que pendant :

261 jours en 1894,
245 — 1895,
131 — 1896,

les bateaux n'ont pu passer qu'avec un tirant d'eau rédu

était alors obligé d'alléger les bateaux en répar-
it leur charge sur d'autres bateaux vides avant qu'ils
engagent dans le passage en rivière, puis de recons-
le chargement primitif après qu'on avait franchi ce
ge. On conçoit quelles dépenses et quels retards il
uivait pour la batellerie.

plus, il arrivait le plus souvent que les bateaux ne
ient passer seuls. Ainsi, par exemple, dès que l'une
igues basses formant le chenal et qui servait de
in de halage était notablement submergée, c'est-à-
que la Loire atteignait de 0m,75 à 1 mètre au-dessus
tiage le halage devenait impossible. Même lorsque
opération était possible, elle restait toujours difficile
ngereuse.

ssi l'on conçoit facilement qu'il se soit établi, sous
gime de permission de voirie, un toueur qui offrait
rvices pour le passage en Loire. Ce toueur, au lieu
chaine noyée, exposée perpétuellement aux ensa-
nts, avait une chaine qui s'enroulait à la remonte
d'une grosse bobine située sur sa plate-forme et
déroulait à la descente.

services étaient, la plupart du temps, acceptés par
ellerie, ainsi qu'on peut en juger par le tableau
t qui fait, en outre, ressortir l'importance de la
ation totale :

	Bateaux passés à l'aide du toueur	Bateaux passés à l'aide des billeurs	Total
....	7.948	1.156	9.104
....	8.444	1.370	9.814
....	8.396	815	9.211
....	7.585	931	8.516
Totaux	32.373	4.272	36.645
Moyennes annuelles	8.093	1.068	9.161

Or ce toueur n'arrivait pas toujours à écouler ch
jour tous les bateaux qui demandaient ses services. I
une nouvelle cause de retard à ajouter en pratique à c
qui provenait des allègements. Si on fait enfin entre
ligne de compte toutes les crues au-dessus de 2^{m},50,
jours de charriage des glaces, on voit combien l'ex
tation de la voie navigable au passage en Loire était d
cile, coûteuse et précaire.

On peut d'ailleurs chiffrer facilement les sacri
annuels que le passage en Loire imposait au comme

Ainsi les prix perçus par le toueur étaient les s
vants :

PRIX PERÇUS.

Les prix perçus sont, depuis le 1er décembre 1891,

Descente.

Grand bateau chargé : 15^{fr},00 + 2^{fr},00 de prime.......
— vide : 5^{fr},00.............................
Petit bateau ou berrichon : 10^{fr},00 + 1^{fr},00 de prime..
— — vide : 4^{fr},00................
Train ou radeau : 20^{fr},00............................

Remonte.

Grand bateau vide : 6^{fr},00...........................
— chargé : 0^{fr},30 par centimètre d'enfoncement total, plus 2^{fr},00 de prime.
Petit bateau berrichon vide : 3^{fr},00...................
— — chargé : 0^{fr},15 par centimètre d'enfoncement total, plus 1^{fr},00 de prime.
Train ou radeau : 0^{fr},50 par centimètre d'enfoncement.

Nota. — Les bateaux jaugeant à vide 0^{m},20, 1 tonne corr
pond à un enfoncement de 0,0065 à 0,007 pour les grands bateau
et de 0,014 à 0,015 pour les berrichons.

D'autre part, on comptait une moyenne de 9.200 bate
franchissant le passage en Loire dont :

8.000 en nombres ronds empruntaient le touage ;

1.200 passaient avec leurs propres moyens de trac-
et de gouvernail, à l'aide de pilotes spéciaux dési-
dans la localité sous le nom de billeurs et qui per-
ent d'ailleurs les mêmes tarifs que le touage, mais
ntaient l'avantage, dans les cas fréquents où le
ır ne pouvait suffire au passage de tous les bateaux
e présentaient, de diminuer l'attente imposée de ce
aux mariniers.

ns ces conditions on peut résumer ainsi les dé-
s imposées du fait même de la traversée de la Loire,
on remarque que le nombre total de bateaux se
tit sensiblement par moitié entre les gros bateaux
)m,00×5m,00 et les berrichons de 30m,00 × 2m,50.

FRAIS DE PASSAGE.

Descente.		
ge de 4.600 bateaux, dont :		
– 2.300 bateaux du Berry fr,00	25.300fr,00	
ge de 2.300 grands bateaux à 17fr,00.	39.100 ,00	
		64.400fr,00
Remonte.		
bateaux : 2.300 grands et 2.300 richons moitié passés à vide et tié chargés :		
1.150 grands bateaux vides à 6fr,00.	6.900fr,00	
1.150 grands bateaux chargés en enne de 116 tonnes et, par suite, un tirant d'eau moyen de 1m,01 ,30 du centimètre d'enfoncement : 0 × 30fr,30	34.845 ,00	
0 bateaux du Berry vides à 3fr,00.	3.450 ,00	
0 — — chargés de onnes en moyenne et, par suite, un tirant d'eau moyen de 1m,10 moyenne à 0fr,15 du centimètre	18.875 ,00	
		64.070 ,00
		128.470fr,00

En outre de ces frais, il faut encore faire ent
ligne de compte les conséquences indirectes du pa
en Loire, c'est-à-dire les dépenses non moins import
qui proviennent des retards et des dangers inhérents
passage, retards résultant de l'impossibilité où se tr
le toueur de passer tous les bateaux au fur et à me
de leur arrivée dans les gares d'attente situées de ch
côté du fleuve, soit des chômages spéciaux à ce pa
(crues, glaces, etc.), soit encore des allègements né
sités par l'insuffisance du mouillage.

Ces divers frais peuvent se chiffrer ainsi :

1° Frais occasionnés par les allègements de 1.950 bateaux par an, comme cela résulte du manque d'eau pendant les 5 dernières années, à raison de 15fr,00 pour les grands bateaux et 10fr,00 pour les berrichons, soit 12fr,50 en moyenne, soit....	24.500fr,00	
2° Les retards occasionnés par ces allègements, soit 2 jours par bateau à 8fr,00 par jour (moyenne entre les frais journaliers des gros bateaux 9fr,50, et des berrichons 6fr,50). Pour les 1.950 bateaux...............	31.200 ,00	
3° Les retards généraux que l'on peut évaluer à une journée de perte pour tous les autres bateaux, même non allégés, soit pour 7.250 bateaux à 8fr,00	58.000 ,00	
4° Les jours de chômages inhérents au passage, soit 8 jours par an représentant 240 jours de bateau à 8fr,00.......	1.920 ,00	
5° Enfin la détérioration du matériel par suite des chocs reçus dans la traversée et les manœuvres plus ou moins difficiles qui fatiguent les bateaux et que l'on peut évaluer sans exagération à 1fr,00 par bateau, soit.........................	9.200 ,00	
On arrive à un chiffre de dépenses accessoires de..........................		124.820

nc, l'ensemble des charges annuelles pesant sur la lerie du chef du passage en Loire s'élève à :

128.470fr,00 + 124.820fr,00 = 253.290fr,00,

en nombres ronds :

253.000fr,00

eprésentent à 3 0/0 un capital de :

8.433.333fr,00,

uveau bief ayant exigé une dépense de 8.335.187 fr. 18 isitions de terrains et travaux réunis). Ce sacri- est donc bien justifié et, de plus, Paris est rap- ié d'un jour et demi au point de vue des transports eau de la région du Centre en même temps qu'une grave d'insécurité a été supprimée.

passage de Châtillon-sur-Loire formait donc un con- e complet et fâcheux avec les excellentes conditions avigabilité de la ligne du Bourbonnais et tous les s de l'Administration devaient tendre à la faire dis- tre afin d'assurer la sécurité, la régularité et le bon hé des transports par eau dans la région du Centre, tions essentielles à réaliser pour les voies navigables, ut depuis que les chemins de fer offrent des condi- de régularité et de rapidité bien supérieures à celles frait autrefois le roulage.

s conclusions étaient absolument exactes, même avec nciennes conditions de navigabilité de la ligne du bonnais, conditions ainsi définies :

ngueur des écluses..................	30m,00
rgeur..............................	5 ,20
ouillage normal.....................	1 ,60
uteur libre sous les ponts supérieurs.	3 ,00 (environ).

Ces dimensions avaient été fixées d'après les dimensions du matériel flottant qui fréquentait autrefois la Loire et les canaux voisins de Briare et du Centre.

Mais les canaux de Briare et du Centre venaient d'être transformés et unifiés avec la généralité des canaux français, d'après les bases suivantes :

Longueur des écluses....................	38m,50
Largeur.................................	5 ,20
Mouillage normal........................	2 ,20
Hauteur libre sous les ponts supérieurs...	3 ,70

Or, pendant quel nombre restreint de jours eût-on pu espérer réaliser au passage en Loire, non plus seulement le mouillage de 1m,60 déjà si peu fréquent, mais, ce qui devait être bien plus rare, le mouillage de 2m,20 ?

Dès que la hauteur d'eau dans le fleuve atteint 1m,50 à 2 mètres, c'est que le fleuve est en crue ou, tout au moins, en période de fortes eaux, et la vitesse rend la navigation dangereuse et difficile. A la tenue de 2m,50 dans le fleuve, la navigation devient radicalement impossible.

Le canal latéral à la Loire ne pouvait rester en dehors de l'unification des conditions de navigabilité des canaux du reste de la région, et l'application de ces nouvelles conditions à Châtillon-sur-Loire condamnait absolument le passage en Loire.

La transformation du canal latéral devenait même urgente, sous peine de laisser une lacune de 200 kilomètres non transformée sur la ligne navigable du Bourbonnais.

Ainsi, d'une part, au nord du canal latéral dans la direction de Paris, la transformation déclarée d'utilité publique, en date du 18 septembre 1880 pour le canal du Loing, et en date du 7 juillet 1881 pour le canal de Briare, a été terminée en 1893, sous le rapport de la réalisation

ouillage de 2^{m},20, ce qui assurait la continuité
e même mouillage depuis Paris jusqu'aux abords de
re.

autre part, au sud-est du canal latéral, la transfor-
on du canal du Centre, déclarée d'utilité publique en
du 20 juin 1881, avait pour conséquence la réalisa-
du mouillage de 2^{m},20 jusqu'à Digoin dans cette même
e 1893 et, par suite, le mouillage de 2^{m},20 se trou-
assuré de Lyon à Digoin.

fallait donc, dès 1885 et surtout en 1890, se mettre
usement à l'œuvre pour compléter une transformation
gue entre Briare et Digoin et, pour cela, renoncer
assage en Loire de Châtillon et recourir à l'emploi
étal pour permettre à la voie navigable transformée
asser sur la Loire à Briare.

traversée de la Loire au moyen d'un nouveau pont-
l a d'abord été étudiée à Châtillon-sur-Loire dans le
nage immédiat du passage en Loire, au moyen d'un
-canal en maçonnerie.

ais supposons même ce pont-canal métallique, ce qui
nde moins de hauteur et qui rend la comparaison des
és par Châtillon et Briare plus précise.

ette comparaison a d'ailleurs bien été faite dans ces
itions au moment où le choix définitif du tracé a eu
en 1888 à la suite de nouvelles et dernières réclama-
des habitants de Châtillon-sur-Loire.

Châtillon-sur-Loire, comme à Briare, il fallait mettre
âche métallique à l'abri des plus hautes crues du
e et des corps flottants qui sont entraînés dans ces
s; c'est même cette amplitude des crues de la Loire
non moins que la largeur du fleuve, constituait la dif-
té de la traversée.

r, à Châtillon, les plus hautes crues connues s'élèvent
^{m},90 au-dessus de l'étiage qui est, en ce point, à la
129^{m},08.

Ces dimensions avaient été fix
sions du matériel flottant qui fréq
et les canaux voisins de Briare

Mais les canaux de Briare
transformés et unifiés avec
çais, d'après les bases su

Longueur des écl
Largeur.......
Mouillage norr
Hauteur libr .... $3^m,00$

Or, pendant
espérer réal
le mouillag ...s la bâche devait donc être à
devait êtr ...s de l'étiage de :

Dès c
à 2 m

$$6^m,90 + 1^m,50 + 3^m,00 = 11^m,40,$$

moin la cote
na $140^m,48$.
d

Le plan d'eau dans le port du canal, immédiatement
amont de l'écluse de descente en Loire et situé sur
rive gauche du fleuve, est à la cote ($131^m,68$), soit à 2
au-dessus de l'étiage.

Le plan d'eau du nouveau canal dans la bâche de
donc être situé à $8^m,80$ au-dessus du plan d'eau de l'a
cien canal, dans le voisinage immédiat de ces de
branches de canal existante et projetée.

De là, la nécessité d'un raccordement long et coûte
(voir le tracé pointillé du plan général, pl. 15) ent
la culée gauche du pont-canal et l'ancien canal latéral
ce raccordement ne pouvait s'effectuer seulement
moyen d'une modification du profil, car on ne peut releve
considérablement un canal sur place et le disposer
grand remblai. Il est encore préférable, sous le double

NT-CANAL DE BRIARE 19
ce qui assurait la continuité
puis Paris jusqu'aux abords de
canal latéral, la transfor-
d'utilité publique en
les réalisa-

port de la dépense et de la sécurité, de modifier, en ne temps, le tracé et de rejeter ce tracé sur le flanc coteau à la hauteur déterminée par le plan d'eau dans âche.

e raccordement ainsi étudié allait rejoindre le niveau 'ancien canal après un parcours d'environ 13^{km},600.

u côté de la rive droite, on serait descendu de la ne sur le plafond de la vallée de la Loire, au moyen leux biefs étagés d'une longueur de 778 mètres et de mètres et de trois écluses correspondantes ayant la nière, placée immédiatement à la suite du pont-canal, chute de 3^{m},22, les deux autres, placées à l'aval de cun des deux biefs précités, une chute de 3^{m},85 pour agner, au moyen du tracé AB, le bief des Combles, la cote est 129^{m},56.

vec cette solution il fallait que la voie navigable it le niveau du bief des Combles pendant 5 kilomètres u'à Briare pour remonter ensuite par le canal de re dans la direction de Paris à une hauteur supérieure lle du plan d'eau du pont-canal.

e n'était pas sans appréhension qu'on envisageait la tion, à la suite immédiate du pont-canal de Châtillon-Loire, d'écluses analogues à celles du Guétin qui sent déjà de grands retards et de grandes sujétions e dernier point, mais qui y sont la solution indispen-e, puisque la voie navigable est toujours descendante e remonte pas dans la région du Guétin. A défaut luses accolées, on était, dans tous les cas, obligé, à tillon-sur-Loire, d'accepter deux biefs très courts pour gner le bief des Combles depuis le pont-canal, ce qui stituait encore une solution défectueuse.

e plus, il est à noter que le bief des Combles, depuis tillon jusqu'à Briare, longe le fleuve de très près et à niveau peu élevé et est exposé à être submergé et rioré pendant les grandes crues. Les digues qui le

protègent, terminées en 1838, n'ont pu être étudiées en vue des trois grandes crues exceptionnelles de ce siècle: 1846, 1856 et 1866.

Dans ces conditions on s'est demandé, puisqu'il fallait toujours construire, sur le coteau de rive gauche, une branche neuve de canal de 12 kilomètres pour regagner la hauteur correspondant au niveau du plan d'eau de la bâche par rapport au niveau du canal à Châtillon, si on ne pourrait pas reporter le pont-canal en aval, de manière d'abord à bénéficier de la pente de la Loire ($0^m,50$ par kilomètre, soit $2^m,50$ pour la distance de 5 kilomètres qui, mesurée selon l'axe du fleuve, sépare Châtillon de Briare). Le pont-canal se trouvait ainsi placé à une hauteur moindre et l'on rapprochait beaucoup de Châtillon le point de raccordement de la branche neuve de rive gauche avec le canal existant.

En même temps, on pouvait se placer vis-à-vis du canal de Briare et chercher à se raccorder avec ce dernier canal par la branche neuve de rive droite faisant suite au pont-canal sans descendre, pour remonter presque aussitôt après et, par suite, en évitant les écluses analogues à celles du Guétin.

Cette nouvelle disposition revenait à réunir, par un seul et même bief comprenant le pont-canal et dont le niveau était déterminé par ce pont-canal, les deux biefs situés à peu près au même niveau, d'un côté sur le canal latéral (rive gauche de la Loire), d'autre part sur le canal de Briare (rive droite de la Loire).

Les études démontrèrent la possibilité de cette solution qui supprimait, du même coup, dans la direction de Digoin à Paris non seulement le passage en Loire, mais encore sept écluses, savoir :

Trois sur la partie du canal latéral située sur la rive gauche du fleuve : l'Étang et la Folie, écluses ordinaires (points C et D du plan, pl. 15), et l'écluse de des-

nte en Loire de Châtillon-sur-Loire (point E du plan);
Quatre sur la partie du canal latéral située sur la rive
oite du fleuve et sur le canal de Briare;
Une écluse de descente en Loire aux Combles F et
ois écluses du canal de Briare (écluses de Briare, La
ace et La Cognardière, G, H et J du plan, pl. 15).
Ainsi, sur la ligne du Bourbonnais au profil M aux
virons de Briare, on substituait le profil N infiniment
us avantageux au point de vue de la facilité, de la rapi-
té et du bon marché des transports. On a figuré égale-
ent, à titre comparatif, le profil correspondant au pas-
ge de la Loire à Châtillon (Voir pl. 15).
Le nouveau bief se trouvait ainsi constitué :

En profil avec la cote 137m,50 pour le plan d'eau : par le bief de Maimbray à l'Étang (cote ancienne 137m,09) relevé sur place de 0m,41 pour une longueur de		4.422m,84
Par la branche neuve de canal :		
Branche neuve de rive gauche entre la porte de garde de l'Étang et le pont-canal	10k,132.03	
Pont-canal	662, 69	13.170 ,41
Branche neuve de rive droite entre le pont-canal et la porte de garde de La Cognardière	2.375 ,69	
Par le bief de La Cognardière surélevé de 0m,05 entre les écluses de La Cognardière et de Venon.		2.013 ,02
Longueur totale du bief de jonction		19k.606m,27

2° En plan :
Le tracé du nouveau bief était identique à celui de
ncien canal latéral sur tout le bief de l'Étang ; il se
veloppait le long des coteaux de la rive gauche de la
ire à la hauteur du bief de l'Étang jusqu'à ce qu'il
nfléchisse au moyen de deux coudes successifs à angle
oit vis-à-vis le versant de rive gauche de la vallée
condaire de la Trézée pour traverser la vallée princi-

pale de la Loire à angle droit et s'appuyer, en continuant à suivre une direction générale perpendiculaire au grand fleuve, sur les coteaux de la vallée de la Trézée.

La solution du pont-canal à Briare avait toutefois l'inconvénient d'entraîner l'exécution d'une branche neuve de canal en grand remblai :

1° A la traversée de la vallée secondaire de Châtillon-sur-Loire ;

2° Dans la traversée du lit majeur de la Loire entre les coteaux du flanc gauche de la vallée et la culée gauche du pont-canal.

CHAPITRE II.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES DU PONT-CANAL.

Un avant-projet fut dressé, en 1881, avec bâche en fer, d'après les bases que nous venons d'indiquer.

Il semble que l'Administration ait hésité à l'approuver et se soit demandé si ce n'était pas là une solution trop hardie.

L'approbation cependant intervint en date du 22 avril 1886, et, comme nous venions de prendre le service à la date du 15 juillet, des instructions nous furent données pour procéder à l'enquête d'utilité publique.

Cette enquête eut lieu du 9 août au 9 septembre 1886, et la Commission d'enquête tomba d'accord avec l'Administration, sous réserve de certaines conditions dont nous reproduisons celles qui intéressent la question au point de vue technique. Le service les avait, du reste, acceptées, et cet accord a constitué un pacte entre l'État et les représentants des intérêts locaux. Ce pacte a été

ement observé à cela près que l'accolement d'un
-route au pont-canal a bien été étudié et approuvé
'Administration. Mais les intéressés locaux, départe-
, communes et particuliers n'ayant pas voulu prendre
r charge la dépense complémentaire, la construction
ont-route a été abandonnée par l'État.
us devons insister d'autant plus sur les résultats
enquête d'utilité publique que ces résultats ne pré-
ent pas seulement un intérêt sérieux au point de vue
istorique de la question, les débats qui ont eu lieu
sujet ont été des éléments déterminants des disposi-
générales adoptées pour le pont-canal. A cet égard,
phase de l'affaire mérite quelque attention.
outre de l'adjonction d'un pont-route au pont-canal,
mmission d'enquête demandait :
Le maintien de toutes les branches de canal en
itation en 1886, vœu qui se justifiait par cette consi-
ion que ces branches desservent des industries
s, entre autres l'usine de Briare.
Le rétablissement facile des communications entre
lle et la vallée secondaire de Châtillon-sur-Loire
part, avec la grande vallée de la Loire, d'autre

tait un desideratum conforme à la fois au droit et à
té qui a été résolu par la construction d'une voie de
supérieure au canal neuf, quoique celui-ci fût déjà
mblai vis-à-vis de la ville de Châtillon. Dans ces
tions, cet ouvrage était nécessairement coûteux,
e problème a été résolu à la satisfaction de l'opinion
que, nettement hostile soit à un passage sous le canal,
ge trop exposé à être envahi par les eaux de la
, soit à un passage à niveau qui ne paraissait pas
au public toutes les garanties désirables d'indépen-
de la voirie terrestre par rapport à la voie navi-
.

3° La défense complète du bourg de Saint-Fir contre la Loire et, comme conséquence du rejet d eaux du côté de Briare par les nouvelles digues établies, la défense de Briare contre cette aggrav de la situation de cette dernière ville par rapport régime des crues du fleuve.

Ce vœu de la Commission posait nettement la q tion du débouché total et de la position par rapport majeur de la Loire de l'ouvrage destiné à franchi fleuve d'une manière indépendante avec une nouv voie navigable placée au-dessus de ses plus hautes cr

Cette question peut se résumer ainsi :

Le pont-canal avec ses travées d'une ouverture mi mum indispensable de 40 mètres revenait à un prix t élevé pour qu'on pût songer à traverser par ce mo tout le lit majeur de la Loire d'un coteau à l'autre, la d tance de ces deux coteaux au droit du pont-canal n' pas moindre de 1.200 mètres.

De plus, en se plaçant au quadruple point de vue prix de l'ouvrage, de la hauteur nécessaire pour la cuvett de la dépense et de l'effet utile, on ne prévoyait le po canal que pour une seule voie de bateaux.

Il suffit, d'ailleurs, de constater que jusqu'à prés tous les ponts-canaux de quelque importance n'ont é exécutés que pour une seule voie de bateaux.

Il fallait donc que sa longueur fût limitée de mani à ce que cet ouvrage pût donner passage chaque j à un nombre de bateaux égal à celui qui fréquent alors le canal latéral et même au nombre de batea appelés à fréquenter le canal pendant une longue périod quelles que fussent les prévisions d'extension du trafic.

Il était notamment nécessaire que le débit journali du pont-canal de Briare fût au moins égal au débit d pont-canal du Guétin.

Or ce pont-canal devait avoir et a, en effet, de

es accolées depuis la transformation du canal. La se moyenne de traction est de $0^m,12$ par seconde : dmettant pour chacun de ces éclusages la durée t faible de vingt minutes, durée fixée pour cette ation dans le cas d'une exploitation intensive du l, on arrive à cette conclusion que les deux écluses ées du Guétin constituent l'équivalent d'un allonge- de parcours de :

$$2 \times 20 \times 60 \times 0,12 = 288 \text{ mètres.}$$

pont-canal du Guétin ayant, en outre, 346 mètres, ngueur maximum du pont-canal de Briare devait pour satisfaire à la condition d'un égal débit jour- :

$$346 + 288 = 634 \text{ mètres.}$$

delà, si on continuait la traversée de la vallée de ire, au moyen d'un viaduc d'inondation, les appuis aduc pouvaient être plus rapprochés, mais la cuvette rtée par ces appuis devait être établie pour deux de bateaux.

te solution entraînait soit l'exécution d'un long ssif viaduc en maçonnerie surmonté d'une cuvette ment en maçonnerie et dégageant mal la section lée au-dessous des hautes eaux, soit d'une cuvette lique ayant 11 mètres au plafond d'un type entière- nouveau à étudier et encore inconnu, car le pont- s'il était nouveau :

nme dimensions totales ;
nme dimensions de chaque travée ;
nme métal employé dans l'ossature métallique (acier doux),

conforme, comme dispositions générales de la bâche s chemins de halage, à plusieurs ponts-canaux déjà ouvés dans les années précédentes, notamment au

pont-canal sur l'Aisne (canal de l'Oise à l'Aisne), trois travées d'une ouverture totale de 60 mètres.

Il fallait notamment abandonner le système de bâche constitué par deux poutres maîtresses de tête reliées par une série de pièces de pont et adopter le système de poutres longitudinales parallèles à l'axe du canal, jetées d'un des appuis en maçonnerie jusqu'à l'autre et concourant toutes à supporter le plancher en tôle formant le fond de la cuvette.

C'est là une disposition qui n'a pas encore été réalisée, ni même étudiée en détail, et qui, par suite, pouvait très légitimement soulever devant l'Administration les plus sérieuses et les plus longues discussions.

Enfin, dans tous les cas, les fondations des piles du viaduc d'inondation étaient difficiles, coûteuses, et, à moins de recourir à l'air comprimé, ne donnaient pas une sécurité absolue en cas de grande crue de la Loire.

Par suite, en adoptant la traversée en viaduc de toute la vallée, on se lançait dans des difficultés et des dépenses considérables supérieures à celles qui résulteraient de l'établissement du canal en grand remblai.

Mais le tracé de ce canal en remblai présentait forcément sa convexité vers l'amont et, par suite, en temps de grande crue, on exposait ce remblai à être corrodé par les eaux et les eaux elles-mêmes à être rejetées obliquement sur l'ouvrage d'art établi en lit mineur. En second lieu, on aggravait ainsi la situation du bourg de Saint-Firmin, par suite :

1° De la surélévation des eaux, conséquence de la réunion de ces eaux sous l'ouvrage d'art ;

2° Des courants violents dus à cet arrêt brusque des eaux par le grand remblai du canal et à leur déviation brusque dans une direction presque perpendiculaire ;

3° Des tourbillons tumultueux qui se forment toujours en pareil cas.

ù la nécessité d'établir en avant de Saint-Firmin
igue insubmersible entre le coteau et la culée de
auche du pont-canal protégeant le remblai du canal
village et faisant converger les courants en temps
ue sur l'ouvrage d'art par une déviation lente et
essive de manière à éviter tout danger soit pour
rrains et centres habités, situés à l'amont du pont-
soit pour l'ouvrage lui-même.

fois le principe admis de réunir toutes les eaux
n ouvrage spécial établi dans le lit mineur, il suffit,
léterminer le débouché, que ce lit mineur soit suf-
nent agrandi pour que les vitesses maxima au
nt des plus grandes crues ne deviennent pas des
es dangereuses.

débit total des plus grandes crues connues est con-
comme pouvant s'élever à

9.000 mètres cubes.

c un débouché linéaire total de 600 mètres brut
pondant à 15 travées de 40 mètres et avec des
le 3 mètres d'épaisseur, on arrive :

A un débouché net de 556 mètres ;
A un débouché superficiel de 3.732 mètres carrés

ssous des hautes eaux.

en déduit les valeurs suivantes qui caractériseraient
ime des eaux à la traversée de l'ouvrage au moment
us grandes crues :

tesse moyenne : $v = 2^{m},41$
tesse au fond : $w = 0,85\ v = 2^{m},05$
tesse maximum suivant l'axe du courant à la surface :

$$V = \frac{\quad}{0,80} = 3 \text{ mètres.}$$

pont étant fondé sur le tuf calcaire au moyen de

caissons descendus à l'air comprimé sur ce tuf en traversant toute la couche de sable qui est supérieure au banc calcaire, ces vitesses sont assurément admissibles.

Si l'on calcule le remous dû aux piles par la formule usuelle :

$$Z = \frac{Q^2}{2g}\left(\frac{1}{\mu^2\lambda^2H^2} - \frac{1}{L^2(H+Z)^2}\right),$$

où nous prendrons pour le coefficient de contraction la valeur 0,90, notamment en raison de la forme ogivale donnée aux avant-becs, ainsi qu'on le verra plus loin, et où on représente par :

Z, le remous à chercher ;
H, la hauteur de l'eau immédiatement en amont du pont :
L, le débouché linéaire;
λ, le débouché linéaire net du pont.

Or les quantités L et λ sont respectivement égales à 598 et 556 mètres.

Quant à H, la hauteur des plus hautes crues, observées avant la rectification du lit mineur, était de $6^m,30$.

On a cherché à démontrer que l'extension du lit mineur faisait plus que compenser la suppression d'une partie du lit majeur et la concentration de toutes les eaux dans ce lit mineur ; on se base, pour faire cette démonstration, sur les formules indiquées par M. Graëff pour la Loire, formules qui sont de la forme :

$$Q = klh^{\frac{3}{2}}$$

(Graeff, *Traité d'Hydraulique*, t. II, p. 188).

On arrive ainsi à conclure que les plus hautes eaux ne dépasseraient plus sous le pont

$5^m,98$, soit $6^m,00$ en nombres ronds.

admettant pour H cette valeur de 5m,98, on trouve :

$$Z = 0^m,15,$$

r très acceptable.

peut régner une certaine incertitude au sujet des
cients qui, dans les formules et les calculs, repré-
nt l'influence qu'exerce, au point de vue de la vitesse
ulement, le frottement des eaux sur les diverses
s du périmètre de la section mouillée. Mais, en
ttant même que H soit pris égal à 6m,50, on arri-
à la valeur :

$$Z = 0^m,13,$$

e plus faible que la précédente.

qu'à présent, le pont-canal a eu à subir deux fortes
moyennes qui se sont élevées à son échelle à

$$4^m,20 \quad \text{et} \quad 4^m,32$$

ssus de l'étiage, et l'écoulement des eaux s'est fait,
ces deux cas, d'une manière très satisfaisante.

e dernière remarque intéressante à propos des
ions générales d'écoulement des eaux sous le pont-
de Briare est la suivante :

re le Bec-d'Allier, d'une part, et Briare, de l'autre,
re, qui a reçu au Bec-d'Allier la rivière d'Allier, ne
plus d'autre affluent important.

le pont-canal du Guétin se trouve situé sur l'Allier
u en amont du confluent du Bec-d'Allier. Le pont-
de Nevers se trouve situé sur la Loire, un peu en
de ce même confluent.

peut donc rapprocher utilement :

Le total des débouchés de Nevers et du Guétin ;

Le débouché de Briare.

st cette comparaison que résume le tableau ci-
:

	PONT-CANAL du Guétin	PONT-ROUTE de Nevers	TOTAL pour les deux ouvrages	PONT-CANAL de Briare	[illegible]
Distance entre culées....	343m,06	342m,57	685m,63	598m,00	— [illegible]
Débouché linéaire net....	288m,00	284m,72	572m,72	556m,00	— [illegible]
Débouché superficiel au-dessous des plus hautes eaux................	1.539m2,74	1.410m2,09	2.949m2,83	3.732m2,00	+ [illegible]

Ces chiffres accusent bien l'avantage de la forme pont en poutre droite donnée au pont-canal de Briare.

Après l'examen des considérations qui ont cond la détermination de la longueur totale du pont-ca nous avons à donner quelques détails au sujet de situation de l'ouvrage par rapport à l'ensemble de vallée de la Loire à Briare.

La culée de la rive droite avait sa position déterm par la position fixe de la berge de la Loire, au droit la traversée. Cette berge de rive droite est occupée le port de Briare sur la Loire et recouverte de pe soit sur le talus, soit sur la plate-forme du port.

Entre cette culée et le coteau de rive droite, il n'y qu'une distance de 100 mètres dans laquelle on renco à partir de cette berge perreyée :

1° La levée longitudinale à la Loire qui protège co les crues la ville de Briare et l'ancienne branche canal latéral ;

2° Cette ancienne branche du canal.

La levée longitudinale entièrement en terre, d profil insuffisant, a sa crête située à 0m,40 au-dessous grandes crues du siècle. Elle sert, chaque hiver, à pr téger l'ancienne branche du canal latéral et la ville Briare contre les crues de la Loire. Mais, en temps

de crue, elle est nécessairement surmontée, corrodée
iverte. Les eaux inondent alors l'ancienne branche
anal latéral, la ville de Briare et la partie de la val-
econdaire de la Trézée, voisine de la Loire, sur une
eur de près de 3 mètres.

établissement d'une digue en amont de Saint-Firmin
ur effet de rejeter les eaux du côté de la rive droite
l'aggraver cette situation. Il convenait donc de
ier le val de rive droite au moyen d'un éperon que
ierait le nouveau canal.

n avait agité la question d'établir, à partir de la
e longitudinale et en se dirigeant vers le coteau
ive droite, une seizième travée de 40 mètres d'ouver-
.

ais alors la condition précédente ne se trouvait plus
plie, et l'on s'exposait à des réclamations de la part
iabitants de Briare.

i'on veuille bien noter qu'en pareil cas il suffit qu'il
t possibilité de discuter une aggravation des condi-
s dans lesquelles le dommage se serait produit anté-
rement aux travaux en question pour que les récla-
ts puissent intenter une action contentieuse contre
ministration avec tous ses ennuis et ses dangers.

'autre part, l'établissement de la seizième travée sup-
it qu'on placerait dans la levée longitudinale elle-
ie une pile analogue aux autres. Outre l'aspect peu
faisant et surtout peu monumental de cette combi-
on, on s'exposait au danger de voir cette pile prise
des courants obliques ou des tourbillons dans le cas
ı rupture de la levée longitudinale, insuffisante, s'ef-
ierait aux abords immédiats de la pile noyée dans
éton. Cette hypothèse n'avait rien que de très natu-
puisque c'est dans le profil en travers du fleuve cor-
ondant au pont-canal que les vitesses des courants
gnent leur maximum et que c'est immédiatement en

amont que la surélévation accidentelle des eaux du fleuve atteint également son maximum.

Si donc on se place au triple point de vue :

1° De la stabilité de l'ouvrage ;

2° De son aspect architectural ;

3° De la constitution d'un éperon entre le port de la Loire à Briare et le coteau de rive droite en vue de la protection de la Ville :

Il était logique d'établir une cuvette maçonnée sur toute la traversée de la levée longitudinale, puis de disposer sur l'ancienne branche du canal et, par suite, sous le nouveau bief, un passage d'ouverture minimum, c'est-à-dire pour une voie de bateau et avec 5m,20 de passe marinière, et enfin seulement au-delà de ce passage, sur l'ancien canal, la culée de rive droite du pont-canal.

Cette culée de rive droite touchait presque au coteau et il n'y avait qu'à la relier solidement à ce coteau par des remblais munis de perrés.

La passe marinière sur l'ancien canal devait être pourvue de portes de garde busquées du côté de l'amont du fleuve et destinées à assurer une fermeture continue entre la berge de rive droite de la Loire et le coteau de ce même côté du fleuve.

Les eaux rejetées de la rive gauche par la nouvelle digue insubmersible de Saint-Firmin sont amenées progressivement dans une direction sensiblement parallèle à l'axe du fleuve par les inflexions de cette digue.

Après avoir franchi le pont, leur cours ne peut être que parallèle à l'axe de la Loire et le remous produit par les piles du pont ne peut se faire sentir qu'en amont.

Par suite, on peut dire qu'en aval du pont-canal l'écoulement des grandes crues se fera dans des conditions qui ne seront pas plus défavorables après qu'avant la construction du pont.

L'épi formé par la seizième travée et ses portes de

de commencera même à améliorer la situation, et il
ît, pour que cette situation devienne bonne, d'exé-
er l'exhaussement et le renforcement de la levée lon-
dinale de la Loire en aval du pont-canal.

Cette question vient d'être remise à l'étude.

Chacune des deux culées du pont-canal doit com-
ter :

° L'établissement de portes de garde busquées vers
térieur du pont-canal, de manière à permettre la
nge complète de la cuvette à l'intérieur du pont,
s que le mouillage varie sur le surplus du bief neuf;

° L'établissement d'aqueducs de vidange.

faut, en outre, que cette partie de la cuvette maçon-
, située au-dessus de la culée, pénètre assez avant
s les remblais pour prévenir tout danger pour ces
blais aux abords du pont par suite des filtrations qui
ablissent à la jonction des remblais et des maçon-
es.

nfin, pour assurer leur stabilité, même en temps de
ides crues de la Loire, et afin d'éviter les différences
assement, les parties maçonnées de la cuvette devaient
ser exclusivement sur des fondations à l'air com-
é.

où la nécessité d'appuyer soit chacune des deux
es, soit la traversée de la levée longitudinale de la
e avec cuvette maçonnée sur deux caissons servant
piédroits à des voûtes de décharge supportant les
onneries supérieures de la cuvette.

utrement dit, la cuvette maçonnée est constituée par
nassif unique de maçonnerie reposant exclusivement,
e à des voûtes d'évidement pratiquées à sa partie
ieure, sur des caissons foncés à l'air comprimé.

ns ces conditions aucun tassement, aucune disloca-
n'étaient possibles.

pont-canal, d'une longueur totale de 662^m,69 entre

les extrémités des culées, se trouvait donc ainsi composé:

1° Cuvette maçonnée sur la culée de rive gauche......		18m,85
2° Traversée de la Loire:		
15 travées de 40 mètres =................	600m,00	601m,70
Abouts au-delà des appuis : 2 × 0,85 = ...	1m,70	
3° Cuvette maçonnée sur la levée longitudinale de rive droite..		15m,85
4° Traversée du bief des Combles :		
Une travée de 10m,15 =....................	10m,15	11m,20
Abouts au-delà des appuis : 2 × 0,525 = ...	1m,05	
5° Cuvette maçonnée sur la culée de rive droite.......		15m,09
Total égal..............		662m,69

(Voir l'élévation d'ensemble, pl. 16, *fig.* 1.)

Nous avons maintenant à donner quelques détails sur les deux parties de cet ouvrage :

1° Substructure maçonnée;

2° Grande bâche métallique à la traversée de la Loire et petite bâche métallique à la traversée de l'ancienne branche du canal latéral.

Nous ajouterons seulement, à titre de simple renseignement au sujet du pont-route étudié comme pouvant être accolé au pont-canal, que cet ouvrage fut compris dans le projet présenté le 16 février 1887. Ce projet était prévu naturellement avec les mêmes ouvertures que le pont-canal : 40 mètres et avec la même longueur.

Il avait été étudié dans l'hypothèse où le pont-canal aurait seulement 13 travées et 520 mètres. Ces données avaient été admises au début et bientôt abandonnées, à la suite de l'étude approfondie du régime de la Loire, étude que nous avons résumée plus haut.

Son profil en travers comportait une chaussée de 8 mètres de largeur encadrée entre un trottoir de 1 mètre du côté extérieur et un contre-trottoir de 0m,50 du côté de la cuvette métallique du canal. Ce contre-trottoir

ccolé au chemin de contre-halage, qui avait reçu 1 mètre e largeur dans cette hypothèse, en était entièrement éparé par mesure de prudence par un garde-corps.

L'ossature métallique constituée en acier doux se comosait de deux poutres maîtresses en treillis, reliées à ur partie supérieure par une série de pièces de pont eliées par des voûtelettes en briques supportant la haussée.

Les dépenses de ce pont-route pouvaient se résumer insi :

Pont ropprement dit	Fondations à l'air comprimé ..	117.921f,30	
	Maçonneries en élévation.....	106.916 ,36	
	Ossature métallique et chaussée	425.661 ,80	
Total..................		650.499f,46	
Somme à valoir correspondante ..		65.000 ,54	715.500fr.
bords pour raccordement avec les voies de terre existantes	Terrassements	18.270f,00	
	Chaussée.....	2.392 ,00	
Bordure de trottoirs et garde-corps....		2.625 ,00	
Pont sur le bief des Combles		25.355 ,00	
Total..................		48.642f,00	
Somme à valoir correspondante...		1.358 ,00	50.000fr.
Total général............			765.500fr.

Or M. Arnodin, le constructeur des ponts suspendus, ffrait d'exécuter un ouvrage de cette nature sur la Loire à raison de 1.000 francs le mètre courant pour deux voies charretières, soit 520.000 francs pour 520 mètres.

On avait donc ainsi l'occasion d'obtenir, en portant la dépense à moitié en sus environ, un pont fixe.

Pour que cet ouvrage pût être exécuté, il eût fallu que la dépense fût répartie par tiers entre l'État, le département, puis les communes et les particuliers. Ce sont, du

reste, ces conditions qu'a souvent offert pour les grands travaux publics le Conseil général d'Eure-et-Loir.

On sait que, lorsqu'il s'agit d'un grand ouvrage intéressant la voie terrestre, le Ministère de l'Intérieur donne des subventions exceptionnelles. Ces subventions en 1886 et pour le Loiret atteignaient de 27 à 29 0/0.

Nous ne présentions donc pas une demande exagérée au point de vue de l'emploi des deniers de l'État quand nous sollicitions le Ministère des Travaux publics de concourir à la dépense du pont-route dans la proportion de 33 0/0.

Même avec cette proportion — 33 0/0 des dépenses à la charge de l'État — il n'est pas absolument certain que la combinaison eût réussi, mais du moins l'État eût fait tout ce qui dépendait de lui pour la faire aboutir.

Mais, du moment où la dépense totale était laissée à la charge des pouvoirs locaux, il n'y avait plus aucune chance de réussite. Et si les études ainsi entreprises présentent un réel intérêt au point de vue technique, leur seul effet pratique fut de retarder de près de deux ans environ l'achèvement des études définitives du pont-canal.

La question vient, du reste, d'être reprise, mais pour une traversée de la Loire sur un autre point voisin de Briare. Le pont, qui sera exécuté avec un concours de l'État de 50 0/0, doit être construit à Bonny, à 13 kilomètres en amont de Briare.

CHAPITRE III.

SUBSTRUCTURE MAÇONNÉE DU PONT-CANAL.

poids par mètre courant du pont-canal peut s'établir :

cuvette est constituée par deux poutres maitresses et âmes pleines, hautes de 3^m,40 entre les semelles, ntes horizontalement de 7^m,259 d'axe en axe, reliées r partie inférieure par une série de pièces de pont r également en I hautes de 0^m,70 entre les semelles pacées de 1^m,45 suivant l'axe du canal. Ces pièces nt sont recouvertes par une tôle se recourbant près outres maitresses. La bâche se trouve ainsi constipar cette tôle de fond et par la partie supérieure des poutres maitresses.

-dessus de ces poutres, un chemin de halage ayant) de largeur libre repose sur les semelles et sur une de consoles placées en encorbellement à l'extérieur cuvette, espacées de 1^m,45 comme les pièces de et correspondant à ces pièces de pont. Une autre de petites consoles intérieures correspondent aux les extérieures et aux pièces de pont (Voir la coupe vers, pl. 16, *fig.* 4).

les consoles extérieures s'appuient des tôles emes supportant la chaussée empierrée du chemin de e. Aux consoles intérieures sont reliées de chaque le la cuvette une série de longrines en charpente ,26, dont le plan d'eau normal à la tenue de 2^m,20 re le milieu et qui sont destinées à amortir les chocs ateaux contre la bâche métallique.

supposant toujours ce mouillage de 2^m,20, un bateau ntant une largeur de 5 mètres et un enfoncement

de $1^m,80$, et supposé placé dans l'axe du pont-canal, trouve avoir, de chaque côté, une largeur en eau de 1^m, entre ses parois latérales et les côtés de la bâche sous lui, une profondeur de $0^m,40$.

Le rapport de sa section mouillée à la section de bâche est seulement de :

$$\frac{9,00}{15,60} = 0,58,$$

alors que ce rapport serait au Guétin :

$$\frac{9,00}{13,27} = 0,68.$$

Dans ces conditions on conçoit que les bateaux, mê à pleine charge, circulent très facilement dans le po canal de Briare.

De ces données on déduit les poids suivants :

Ossature métallique. Appareils de dilatation et plaques d'appui	4.982
Accessoires (chaussée empierrée, longrines, etc.)	2.195
Eau au mouillage normal de $2^m,20$	15.600
Totaux par mètre courant	22.777
Soit pour une travée de 40 mètres	911.080

Si on ajoute à ce chiffre la surcharge réalisée pend les épreuves, surcharge ainsi définie :

Eau	400^k
Trottoirs	1.200
Total	1.600^k

on arrive à un poids par mètre courant de 24.37
soit pour une travée de 40 mètres.................... 975.0

e poids se transmet aux sommiers par deux plaques pui dont les dimensions horizontales sont de :

'iles : 1m,700 × 1m,050. Culées : 1m,050 × 1m,050.

a pression sur les sommiers est donc par centimètre é :

	Piles	Culées
Charge normale..............	25k,52	21k,237
Charge d'épreuve............	27k,31	22k,728

es sommiers sont constitués chacun par quatre pierres taille de granit jointives dont l'ensemble présente :

Piles : 2m,70 sur 2m,054 et une épaisseur de 0m,60
Culées : 2m,1475 sur 1m,85 —

es sommiers peuvent donc supporter facilement la pres-ı qui leur est imposée.

es piles ont 2m,90 de largeur au-dessous de la saillie couronnement et 4m,273 à la base du socle.

Leurs avant et arrière-becs sont ogivaux. L'ogive en n a une flèche égale à la largeur. Cette forme ogivale une réminiscence des grands ponts hollandais et cons-ie une disposition qui donne plus de légèreté à l'aspect piles en même temps qu'elle est éminemment favorable passage des grandes crues (Voir pl. 18, *fig.* 6).

C'est là d'ailleurs un fait devenu classique (Voir les urs de M. l'Inspecteur général Morandière).

La distance entre les saillies extrêmes des avant et rière-becs est :

Au-dessous du couronnement.........	15m,214
A la base du socle....................	16m,730

La pile présente en plan :

1° Au-dessous du couronnement, une surface rectangu-ire de 27m²,27 qui, ajoutée aux surfaces des deux ogives, nne une superficie totale de 39m²,67.

La pression par centimètre carré est donc au s
la pile :

Charge normale	$2^{k},296$
Charge d'épreuve......	$2\ ,457$

2° A la base du socle, une surface rectangulaire (
sur $4^{m},273$ qui, ajoutée aux surfaces des deux
donne une superficie totale de $62^{m2},24$.

D'autre part, la résultante verticale à la pa
rieure de la pile s'établit en ajoutant au poids d
vée de 40 mètres le poids de la pile :

$366^{m3},700$, soit à raison d'une densité de 2.
grammes pour la pierre de taille et le moellon p
et de 2.200 kilogrammes pour la maçonnerie c
844.480 kilogrammes.

La résultante verticale s'élève donc à :

975.080 + 844.480 = 1.819.560 kilogrammes.

D'autre part, la surface de la première assise i
étant de $62^{m2},24$, la pression par centimètre carr

Charge normale.......	$2^{k},650$
Charge d'épreuve......	$2\ ,923$

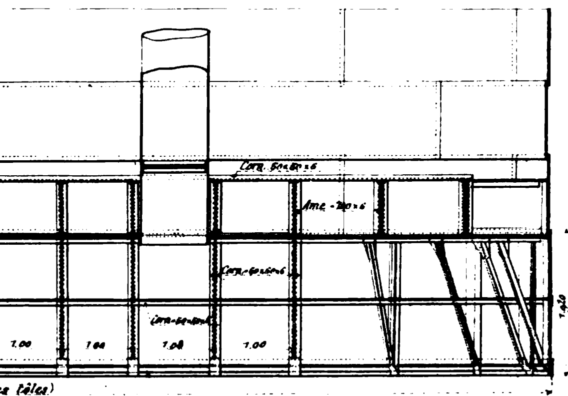
Ces piles reposent sur des caissons dont la
supérieure est arasée à $0^{m},40$ au-dessous du n
l'étiage (cote 126,10) et dont les dimensions ho
sont ainsi définies :

Une partie centrale rectangulaire de $10^{m},85$ de
sur 7 mètres de largeur terminée à ses deux e
par deux demi-cercles de 7 mètres de diamèt
pl., page 42 *bis*).

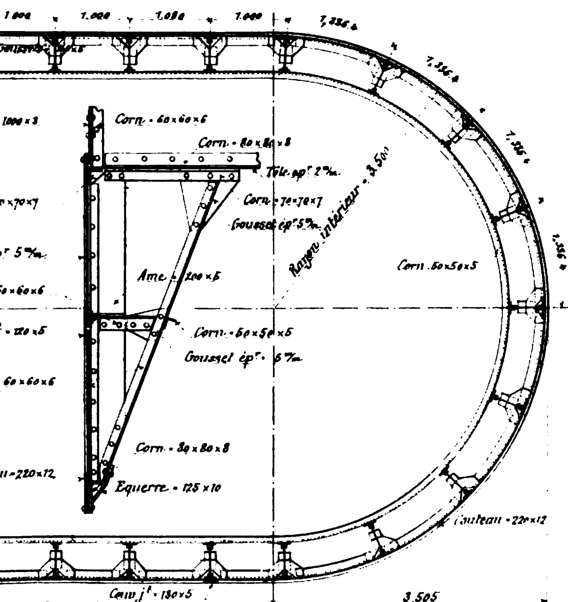
La saillie du caisson par rapport au socle des
de :

1° Vis-à-vis de la saillie de l'avant-bec en ogive.....
2° Latéralement entre les deux droites parallèles au fil de l'eau...................................
La surface d'un caisson pour une pile est de.......

Demi-coupe en long



Demi-coupe horizontale



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque Paris

les caissons ont été descendus à des profondeurs
les en vue, de les pousser jusque sur les bancs con-
et compacts de tuf calcaire et les encastrer dans

a, pour réaliser cette condition, dû dépasser les pré-
primitives qui avaient été basées sur des son-
effectués au cours des études.

sondages avaient révélé l'existence de terrains
x durs à des profondeurs bien déterminées. Seule-
en exécution, on constata qu'à ces profondeurs on
ıvait sur un terrain constitué de rognons crayeux
ntourés d'une pâte marneuse et crayeuse tendre et
ı moins délayée.

'a pas paru prudent de fonder un ouvrage aussi
ant sur un terrain manquant d'homogénéité et qui
pas complètement à l'abri des affouillements,
onnées les vitesses que les eaux peuvent prendre à
ersée du pont-canal au moment des plus grandes

donc traversé toute cette couche de poudingues
es pour arriver aux bancs calcaires continus hori-
ε et homogènes et on y a encastré les caissons
0.

ıême, comme ces calcaires crayeux sont souvent
eux, on a, dans chaque caisson une fois descendu
au ainsi défini, effectué plusieurs sondages à la
ı mine sur 2 mètres de profondeur, de manière à
er, autant que possible, qu'il n'existait aucune
au-dessous du caisson sur cette profondeur.

ait difficile de pousser plus loin les précautions.

is, du reste, soit après leur achèvement, soit après
truction de la bâche métallique ou au moment de
ıplissage, les piles n'ont donné le moindre signe du
er tassement.

rottement latéral du caisson sur les couches tra-

versées contribue d'ailleurs à augmenter notablem résistance au tassement.

En outre des 14 caissons correspondant aux piles, avons à signaler les trois systèmes de deux caisso yant à supporter par l'intermédiaire d'une voûte do retombées s'appuient sur ces deux caissons les cu maçonnées établies au droit de chacune des deux cul au droit de la traversée de la levée longitudinale Loire par le nouveau canal.

Ces caissons ont reçu la forme rectangulaire à a arrondis de $0^m,80$ de rayon avec les dimensions ci-a

	Dimensions	
Culée de rive gauche.		
A. Caisson le plus éloigné du fleuve......	$19,60 \times 8^m,00$	15
B. Caisson le plus rapproché du fleuve...	$16,00 \times 6^m,00$	95
Traversée de la levée longitudinale de la Loire.		
C. Caisson le plus rapproché du fleuve...	$16,00 \times 6^m,00$	95
D. Caisson le plus éloigné du fleuve et le plus rapproché du canal latéral (ancienne branche)....................	$16,00 \times 5^m,00$	79
Culée de rive droite.		
E. Caisson le plus rapproché du canal latéral (ancienne branche).............	$16,00 \times 5^m,00$	79
F. Caisson le plus éloigné du canal latéral (ancienne branche).................	$19,60 \times 8^m,00$	156

Les caissons A et F n'ont à supporter que la moiti poids de la cuvette maçonnée correspondante.

Les caissons B et C n'ont à supporter que la moiti poids de la cuvette maçonnée correspondante et la m du poids d'une travée de 40 mètres.

Les caissons D et E n'ont à supporter que la moiti poids de la cuvette maçonnée correspondante et la m du poids de la petite travée de 8 mètres sur le c latéral.

s pressions, par centimètre carré, à l'assise inférieure maçonneries, en élévation au-dessus des divers caisdes culées sont les suivantes à la charge d'épreuve illage de 2^{m},25 et trottoirs surchargés à 300 kilouumes par mètre carré) :

Caisson A..............	2^{k},57
— B..............	4 ,17
— C..............	3 ,94
— D..............	3 ,59
— E..............	2 ,89
— F..............	2 ,46

ous avons ainsi donné l'ensemble des conditions stas de l'ouvrage au niveau supérieur de tous les caisde fondation, piles et culées.

		Profondeur à laquelle le caisson a été descendu au-dessous de l'étiage	Hauteur du massif de maçonnerie dont le niveau supérieur est arasé à 0^{m},40 au-dessous de l'étiage	Surface des caissons	Charge supportée par le sol de fondation à la charge d'épreuve: totale	par centimètre carré: en tenant compte du frottement	par centimètre carré: sans tenir compte du frottement
...uche	Caisson A..	5,48	5,08	156^{m2},25	5.438.840^{k}	3^{k},36	3^{k},48
	— B...	5,55	5,15	95 ,45	3.616.169	3 ,63	3 ,79
......	1.........	5,52	5,12	114 ,43	3.108.540	2 ,58	2 ,72
	2.........	5,23	4,83	114 ,43	3.035.500	2 ,52	2 ,65
	3.........	6,03	5,63	114 ,43	3.236.800	2 ,68	2 ,83
	4.........	5,43	5,03	114 ,43	3.085.880	2 ,56	2 ,70
	5.........	5,39	4,99	114 ,43	3.075.760	2 ,55	2 ,69
	6.........	6,88	6,48	114 ,43	3.450.860	2 ,85	3 ,02
	7.........	7,28	6,88	114 ,43	3.551.620	2 ,93	3 ,10
	8.........	6,85	6,45	114 ,43	3.443.380	2 ,85	3 ,01
	9.........	6,64	6,24	114 ,43	3.390.360	2 ,81	2 ,96
	10.........	6,79	6,39	114 ,43	3.428.200	2 ,83	3 ,00
	11.........	7,79	7,39	114 ,43	3.679.880	3 ,02	3 ,22
	12.........	8,54	8,14	114 ,43	3.868.860	3 ,19	3 ,38
	13.........	8,28	7,88	114 ,43	3.803.300	3 ,16	3 ,32
	14.........	7,69	7,29	114 ,43	3.654.800	3 ,02	3 ,19
...le....	Caisson C..	7,30	6,90	95 ,45	4.067.032	4 ,04	4 ,26
	-- D..	6,95	6,55	79 ,45	3.181.815	3 ,77	4 ,00
...roite..	Caisson E..	7,00	6,60	79 ,45	2.770.479	3 ,25	3 ,49
	— F..	6,67	6,27	156 ,25	5.729.880	3 ,52	3 ,67

Nous donnons dans le tableau ci-dessus les profondeurs

auxquelles les différents caissons des piles et des culées ont été foncés au-dessous de l'étiage et la pression par centimètre carré sur le sol de fondation d'abord, abstraction faite de toute force résistante de frottement et ensuite en faisant entrer cette force résistante de frottement (à raison de 700 kilogrammes par mètre carré de surface frottante) comme une force verticale agissant en sens contraire de la gravité et venant en déduction de l'action de la pesanteur.

Tous ces caissons ont été descendus à leur niveau définitif au moyen de l'air comprimé.

Les maçonneries au-dessus de la chambre de travail étaient exécutées à l'air libre à l'intérieur du caisson formant batardeau et débouchant au-dessus du niveau de la Loire avec une revanche suffisante pour être à l'abri des variations périodiques ordinaires du niveau du fleuve. Au fur et à mesure que les caissons descendaient, par suite du fonçage, on les complétait dans le sens vertical par une hausse ajoutée sur tout le pourtour, c'est-à-dire par un nouvel anneau rivé aux précédents.

Le poids total des fers employés pour les 20 caissons, y compris les hausses, a été de 554.811 kilogrammes et le poids des fers des caissons restés en place après achèvement est de 487.620 kilogrammes.

Après l'achèvement du massif de maçonneries ordinaires à l'air libre et une fois le caisson descendu à sa place définitive, la chambre de travail et les cheminées ont été remplies de béton de ciment.

Ainsi qu'il résulte du tableau précédent, la pression sur le sol de fondation, en supposant le pont-canal terminé et mis en eau ne dépasse en aucun point de l'ouvrage la *limite supérieure de 4^{kg},26 par centimètre carré.*

Le cube total des maçonneries exécutées dans les caissons a été de 14.143^{m3},83, et la dépense correspondante de 1.004.161 fr. 92.

Le prix du mètre cube de maçonnerie mise en œuvre dans les caissons s'est élevé à 71 francs.

Au-dessus des caissons ont été établies les maçonneries vues en élévation des piles et des culées.

Les piles ont une hauteur de $7^m,925$ entre le dessus des sommiers et le niveau supérieur de la maçonnerie des caissons.

Le prix moyen du mètre cube de maçonnerie en élévation (pierre de taille, moellons d'appareil et maçonnerie de remplissage) a été de 40 fr. 73.

La partie constante de chacune des piles, situées au-dessus des fondations, représente un cube de maçonnerie de $366^{m3},73$ et une dépense de 19.900 fr. 43.

Pour la culée de rive gauche, le cube au-dessus des fondations est de $1.989^{m3},46$, et la dépense de 53.129 fr. 97.

Pour la cuvette maçonnée, vis-à-vis la digue longitudinale de la Loire (rive droite), le cube au-dessus des fondations est de $1.470^{m3},17$ et la dépense de 47.542 fr. 47.

Pour la culée de rive droite, le cube au-dessus des fondations est de $1.654^{m3},64$, et la dépense de 39.795 fr. 39.

L'ensemble des dépenses concernant la substructure maçonnée peut se résumer ainsi :

	CULÉE de rive gauche	PILES	CUVETTE maçonnée à la traversée de la levée longitudinale de la Loire	CULÉE de rive droite	TOTAUX
…ions	92.406^{fr},42	719.846^{fr},49	85.017^{fr},33	106.891^{fr},68	1.004.161^{fr},92
…eries en élévation	53.129 ,97	278.605 ,96	47.542 ,47	39.795 ,39	419.073 ,79
… à valoir	»	»	»	»	140.453 ,71
TOTAUX	145.536^{fr},39	998.452^{fr},45	132.559^{fr},80	146.687^{fr},07	1.563.689^{fr},42

Le projet primitif correspondant (quatrième lot) a été

approuvé le 24 mars 1890 et adjugé le 16 mai suivant a été complété par une extension du cube des fondati[illegible] due à la nécessité que nous avons signalée plus haut [illegible] descendre les fondations plus bas pour certains caiss[illegible] que ne pouvaient le faire prévoir les sondages.

Cette extension du projet du quatrième lot a fait l'o[illegible] d'un projet complémentaire approuvé le 27 octobre 18[illegible] et le tableau précédent donne les dépenses correspond[illegible] l'ensemble du projet primitif et du projet compléme[illegible] pour la maçonnerie essentielle au pont-canal propre[illegible] dit, c'est-à-dire les maçonneries exécutées à l'air c[illegible] primé et les massifs que ces fondations supportent im[illegible] diatement.

Mais il était nécessaire de les compléter par les trav[illegible] accessoires :

1° Des quarts de cône aux abords du pont-canal ;

2° Du revêtement en maçonnerie de la levée longit[illegible] nale de la Loire aux abords du pont-canal ;

3° De la construction des bâtiments d'exploitation ;

4° De la construction d'une longueur de 43 mètres [illegible] canal aux abords de la culée droite, longueur laissé[illegible] dessein au dehors de la dérivation de rive droite, afin [illegible] ne pas compliquer par des sujétions spéciales les rapp[illegible] de deux grandes entreprises voisines.

De plus, sur cette longueur le plafond du nouveau ca[illegible] devait être terminé bien avant l'achèvement de cette dé[illegible] vation de rive droite afin d'offrir l'installation nécessaire [illegible] montage et au lançage successifs de la bâche métalliq[illegible]

Enfin à ce chef de dépenses doivent être rattachée[illegible]

A. Les maçonneries établies sur pilotis nécessaires :

1° Pour les banquettes de halage de l'ancienne bran[illegible] du canal latéral au-dessus de la seizième travée de 8 mèt[illegible] d'ouverture ;

2° Pour le radier de la porte busquée fermant la se[illegible] zième travée ;

B. Les charpentes fixes correspondantes.

De là, la nécessité d'une nouvelle extension du quatrième lot comprenant, sous le nom de lot n° 4 *bis*, les travaux à exécuter en régie et à la tâche, afin d'éviter toute réclamation du chef de la gêne et des sujétions provenant de l'installation des chantiers du cinquième lot (bâche métallique).

L'approbation et l'autorisation d'exécuter portent la date du 4 novembre 1891.

Les bâtiments d'exploitation primitivement prévus sont au nombre de deux situés de chaque côté du canal :

D'un côté, la maison du Conducteur, logement et bureau;

Au fond du jardin, une maison acquise a pu être utilisée comme bureau des employés pendant la période de construction et de premier entretien.

De l'autre côté du canal, une maison comprenant : logement d'un garde et d'un éclusier et magasin.

De plus, il a été reconnu nécessaire d'attacher au service de l'exploitation du pont-canal un second éclusier, ce qui constitue un éclusier pour chacune des deux paires de portes de garde du pont-canal.

A cet effet, on a pu acheter et utiliser pour loger ce second éclusier, en le complétant par quelques aménagements, l'immeuble bâti pour le service de l'entreprise du quatrième lot. Et sur la culée gauche on a installé un poste de garde pour l'éclusier détaché aux portes de garde de la culée de rive gauche et à la police des bateaux en stationnement près de ce point dans l'attente du passage du pont-canal.

Enfin on a récemment construit un autre bâtiment annexe pour servir de bûcher, écuries, etc..., pour l'ensemble des agents chargés de la surveillance de l'entretien et de l'exploitation du pont-canal.

Nous compléterons cette nomenclature en faisant con-

naître qu'un cantonnier attaché à ce même service logé dans un immeuble à proximité, dépendant de l'[illegible]cienne branche du canal latéral.

Avec cette équipe de quatre hommes placés sou[illegible] main, l'expérience démontre que le Conducteur sub[illegible]sionnaire peut parer à toutes les nécessités de la p[illegible] et de l'entretien d'un ouvrage d'un genre nouvea[illegible] exceptionnel qui demande, surtout dans les premi[illegible] années, une vigilance soutenue.

Nous aurons à parler encore plus loin, à propos [illegible] bâtiments situés autour de la culée du bâtiment [illegible] machines pour l'éclairage électrique du pont-canal.

Les dépenses correspondantes se résument ainsi :

1° *Ouvrages autour de la culée droite.*

(Quarts de cône, radier de la porte busquée sur le bief des Co[illegible] banquettes de halage et revêtement de la digue de la Lo[illegible] terrassements du canal sur la longueur précitée de 43 mè[illegible]

Terrassements	2.194fr,02	
Maçonneries	52.620 ,60	54.81[illegible]
2° *Bâtiments.*		
Maisons d'habitation à droite	23.050fr,99	
Maisons d'habitation à gauche	23.040 ,75	
Latrines	936 ,34	
Puits	875 ,70	47.903[illegible]
3° *Bâtiments complémentaires.*		
Achat et aménagement d'une maison pour le logement d'un second éclusier	2.044fr,15	
Bâtiment commun pour bûcher, écurie, etc	3.535 ,68	
Guérite pour l'éclusier détaché sur la rive gauche	1.785 ,93	7.36[illegible]
TOTAL		110.0[illegible]
Somme à valoir		12.18[illegible]
Dépenses totales pour les ouvrages autour de la culée de rive droite		122.27[illegible]

Les quarts de cône de perrés divers aux abords de la rive gauche ont été rattachés au lot voisin de terrassements et d'ouvrages d'art de la dérivation de rive gauche.

La réception provisoire des travaux des lots 4 et 4 *bis* a eu lieu les 14 décembre et 21 novembre 1893.

CHAPITRE IV.

OSSATURE MÉTALLIQUE.

Les conditions générales d'établissement du pont-canal avaient donné lieu à de longues et vives discussions. Aussi, pendant la période de ces débats, les études relatives à la bâche métallique avaient été très avancées. Par suite, bien que le projet définitif de la substructure maçonnée porte la date du 15 février 1890, la présentation du projet d'ossature métallique eut lieu dès le 27 juin suivant.

Des deux nouveautés que présentait l'ouvrage, l'une, la travée de 40 mètres pour pont-canal métallique, en vue de la circulation facile des grands bateaux usuels, sur les canaux français, de 5 mètres de largeur, était acceptée et en cours de réalisation.

Il ne restait plus, pour obtenir une solution entièrement satisfaisante qu'à faire trancher, en faveur de l'acier doux, la question du métal employé.

En outre, les travées discontinues revenant à la mode, la question qui se présentait était de savoir si les 15 travées seraient continues ou discontinues.

Nous avons à peine besoin de rappeler qu'il est un peu plus coûteux, mais plus prudent d'adopter les travées

discontinues, toutes les fois qu'on peut craindre quelq
légers tassements dans les fondations, car, s'il se pro
quelques différences dans l'horizontalité des appuis,
se trouve en dehors des hypothèses du calcul des trav
continues, et il peut en résulter des écarts considéra
entre les tensions calculées et les tensions qui se réali
dans l'ossature d'une poutre.

Toutefois, le pont-canal étant fondé sur un tuf calc
un peu tendre, mais homogène, il ne semblait pas q
eût à redouter cette éventualité. Il y avait donc un
d'adopter, au double point de vue de l'économie et d
rigidité, la continuité de la poutre.

A ces arguments s'appliquant aux voies de comm
cation de toutes natures venaient s'en ajouter d'autr
c'était la difficulté d'établir pour un pont-canal un gr
nombre de joints mobiles et cependant étanches, e
difficulté encore plus grande d'aller, en cas de be
rechercher et réparer les avaries ayant pu survenir à
joints.

Avec une poutre continue pour les 15 travées su
Loire, toutes les difficultés se concentraient sur les r
cords extrêmes et si, d'une part, la dilatation y était
considérable, d'autre part, on pouvait concentrer fa
ment sur ces deux points tous les moyens nécess
pour surmonter la difficulté.

La question ne se posait donc plus guère qu'entr
fer et l'acier.

Pendant longtemps on a reproché à l'acier :

1° D'être brusquement cassant, c'est-à-dire de
rompre sans prodromes avertisseurs et, par conséqu
de ne pas remplir les conditions nécessaires pour ass
la sécurité indispensable surtout sur les voies de com
nication ;

2° De subir, sous l'action des chocs, des transformati
moléculaires qui tendent à lui donner ce défaut d'é

cassant, alors qu'il ne l'aurait pas eu au début de son emploi ;

3° De subir également des altérations moléculaires soit sous l'action d'un travail mécanique brusquement appliqué tel que le perçage des trous de rivets à la poinçonneuse, soit à la suite de tout travail à la température critique du rouge sombre ;

4° Son défaut d'homogénéité dû à la pénétration insuffisante de la cémentation ;

5° Enfin son prix.

Mais, dès 1885, toutes ces difficultés avaient été ou supprimées ou résolues. Ainsi, en 1884, M. Périssé, ingénieur civil, résumait, dans sa brochure sur l'emploi de l'acier, les plus récents progrès réalisés à cette époque par la métallurgie. L'industrie métallurgique était en mesure de fournir, dès cette époque, des lingots d'acier fondu, provenant du convertisseur Bessemer ou d'autres procédés analogues, parfaitement homogènes donnant des tôles très douces présentant une résistance notamment supérieure à celle du fer (42 kilogrammes par millimètre carré de section au lieu de 30 kilogrammes) et cependant offrant des propriétés remarquables d'élasticité (22 kilogrammes par millimètre carré au lieu de 15 kilogrammes pour le fer) et d'extension avant rupture (24 0/0).

Ce métal mis en œuvre était livré presque au même prix que le fer.

Pour un pont-canal la question des vibrations était écartée ; elle ne semble pas d'ailleurs avoir des conséquences aussi graves qu'on le craignait autrefois.

Il ne restait donc qu'à observer quelques précautions spéciales dans la mise en œuvre et l'assemblage des tôles, notamment :

1° Forer les trous de rivets avec un poinçon d'un diamètre inférieur au diamètre de l'ouverture définitive et compléter l'ouverture des trous de rivets par l'alésage ;

2° Avoir terminé toutes les opérations de forge (soit pendant le rivetage, soit pour la présentation assemblages des tôles) avant que les aciers d'abord po au rouge ne fussent descendus à la température du ro sombre.

Dans le rivetage on arrive rapidement à rempli condition nécessaire.

Pour la préparation des assemblages de tôles on égalemeut arriver au résultat désiré, mais il faut, cela, opérer avec beaucoup d'activité, et le mieux c siste encore à éviter d'avoir à couder ou à dévier quelques épaisseurs les tôles ou les cornières ; c'est plus prudent.

On arrive actuellement à réaliser les assembl usuels de tôles en évitant à peu près tout travail à ch en dehors du travail originaire du laminage.

Il est difficile de définir chimiquement les aciers a leurs doses infinitésimales de carbone, de manganès d'autres corps simples accessoires. Il est plus facile plus pratique de les définir par leurs propriétés mé niques qui sont absolument caractéristiques d'une qua donnée d'acier.

Nous venons de rappeler plus haut les propriétés méc niques qu'on pouvait demander à l'acier doux et qui r daient ce métal apte à être employé dans les trav publics.

Reste à définir la limite de travail à demander au mét

On admet que, sous l'action spéciale aux charges dy miques, les pressions ou tensions statiques peuvent doub C'est pourquoi on limite à 6 kilogrammes le travail ma mum à demander au fer, ce travail pouvant s'élev exceptionnellement au passage des charges en mouvem à 12 kilogrammes.

La limite d'élasticité du fer étant de 15 kilogramm il reste 3 kilogrammes de marge pour tenir compte d'

défaut possible d'homogénéité avant d'atteindre cette limite de 15 kilogrammes à partir de laquelle il y a déformation permanente, ce qu'on doit éviter à tout prix, si faible que soit cette déformation.

Pour un métal dont la limite d'élasticité est de 22 kilogrammes et dont l'homogénéité est assurée par une fusion complète et par un laminage progressif et énergique, on peut admettre 10 kilogrammes comme limite de travail sous l'action des charges statiques, cette pression pouvant exceptionnellement s'élever à 20 kilogrammes. La marge à réserver, pour tenir compte du défaut d'homogénéité, serait encore de 2 kilogrammes.

Ces conditions ont été déterminées en 1885, par conséquent sous le régime du règlement du 9 juillet 1877 sur les ponts métalliques. Elles supposent :

1° Qu'il n'y a aucune déduction correspondant aux trous des rivets ;

2° Qu'on admettra une limite fixe et invariable de travail, quels que soient le sens et la répétition des efforts auxquels les pièces seront soumises, pourvu que ces efforts calculés statiquement ne déterminent jamais un travail supérieur à la limite fixée.

Le premier devis relatif à l'emploi de l'acier doux pour un ouvrage en voie courante, construit en France, fut présenté par nous, à titre d'Ingénieur ordinaire, en date du 2 avril 1885, dans le service de M. Prompt, alors Ingénieur en Chef, pour deux ponts en poutre droite de 59^{m},50 et de 13 mètres d'ouverture destinés à recevoir deux voies de chemin de fer, les ponts sur la Braye pour la ligne de Tours à Sargé.

Il comportait l'emploi de 224^{T},900 d'acier laminé.

Le projet fut approuvé par une décision du 3 octobre 1885, signée de M. Alfred Picard, aujourd'hui Inspecteur Général des Ponts et Chaussées et Commissaire Général de l'Exposition de 1900.

Un second exemple de l'emploi de ce même métal f donné au pont Caulaincourt.

Le devis fut dressé à la date du 18 août 18 (M. André, Ingénieur en Chef ; M. Journet, Ingéni ordinaire).

On s'était inspiré pour ce devis de celui des ponts de Braye, qui nous avait été demandé, et quelques perfecti nements y avaient été apportés.

La décision approbative est du 17 avril 1887.

La quantité d'acier laminé prévue au projet était d 650 tonnes. C'était un second pas de fait dans cette mê voie. Après les voies ferrées, c'étaient les voies de ter qui avaient leur premier ouvrage en acier.

Enfin vint le devis du pont-canal de Briare, prép en date du 27 juin 1890, prévoyant une quantité de p de 3.000 tonnes. L'acier allait s'appliquer aux voies na gables, comme aux routes et aux chemins de fer, et l' peut dire que la décision portant approbation de la bâc métallique du pont-canal de Briare, décision du 25 n vembre 1890, consacrait officiellement l'emploi de l'aci doux travaillant à la flexion dans les constructions civil

Depuis lors, tous les grands ponts, notamment les po de chemin de fer, se font en acier doux.

Il n'est pas inutile de noter en passant que, pend cette période de recherches et de progrès, dans l'emp de l'acier doux travaillant à la flexion, c'est-à-dire s certains points à la compression, et sur d'autres l'extension, d'autres Ingénieurs étudiaient et réalisaie avec d'éclatants succès, l'emploi de l'acier dur dans le ponts en arc où cet acier dur ne travaille qu'à la compres sion.

Il suffit de mettre en regard, en observant l'ordre chro nologique, les dates de l'approbation des ponts en arc e acier dur et des ponts en poutre droite en acier doux :

GRANDS PONTS EN ACIER DONT LA CONSTRUCTION
A ÉTÉ AUTORISÉE EN FRANCE POSTÉRIEUREMENT A 1880.

Ponts en arc.	*Ponts en poutre droite.*
21 juin 1884. — Pont de Rouen (pont-route) 655 tonnes d'acier laminé.	
	5 octobre 1885. — Ponts de la Braye (chemin de fer de Tours à Sargé), 225 tonnes d'acier laminé.
	17 août 1886. — Pont Caulaincourt (pont-route), 650 tonnes d'acier laminé.
25 octobre 1886. — Ponts Morand et Lafayette (ponts-routes), 5.135 tonnes d'acier laminé.	
	24 mars 1890. — Pont-canal de Briare, 2.459 tonnes d'acier laminé.

La nature et le mode d'emploi de l'acier sont bien appropriés à sa destination dans les deux genres d'ouvrages.

A propos de ce point d'histoire technique, M. Rabut, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, a cité un pont tournant en acier construit par lui en 1882 dans son service d'Ingénieur ordinaire pour le service maritime du Calvados.

Nous ferons remarquer qu'il s'agit là d'un ouvrage spécial sur lequel la vitesse est toujours nécessairement restreinte, tandis que nous n'avons considéré, dans cette étude, limitée d'ailleurs à la France, que les grands ouvrages destinés à la voie courante pour chacun des genres de voie de communication.

Avant d'aller plus loin, il convient d'examiner quelle était la raison spéciale et dirimante qui nous portait à

insister pour l'emploi de l'acier doux, de préfére
fer, au pont-canal de Briare.

Ce n'était pas seulement pour appliquer à un
ouvrage les derniers progrès réalisés dans la mét
et dans la construction, mais encore parce que l
pouvant travailler à 10 kilogrammes était celui qui,
tifiquement, convenait le mieux à la solution du pr
d'un pont de poids mort considérable et à grand
vées.

En effet l'importance de ce poids mort conduit
épaisseurs de semelles importantes pour les
maîtresses sur les piles et vers le milieu des travé
des épaisseurs d'autant plus considérables que la
du travail maximum est plus faible.

Nous donnons ici le tableau des épaisseurs mo
de semelles composées telles qu'elles résultent des
d'exécution étudiés simultanément, d'une part,
fer et la limite de travail de 6 kilogrammes, d'autr
avec l'acier et la limite de travail de 10 kilogramm

Poutre continue en fer.

		Millim
Milieu des travées...	1re et dernière......	10
	Autres travées.......	3
Piles...............	1re et 14e piles......	13
	Autres piles.........	10

Les moyennes analogues pour l'acier restent bi
dessous des moyennes correspondant au fer :

		Millim
Milieu des travées...	1re et 15e travées....	6
	Autres travées......	3
Au-dessus des piles..	1re et 14e piles.......	8
	Autres piles.........	68

Avec l'acier, le maximum des épaisseurs à rive
réduit de :

132 — 86 = 46 millimètres.

Avec 86 millimètres nous restons dans les épais

pratiquées et sanctionnées par l'expérience pour le rivetage.

Au-delà de 100 millimètres, le rivetage, quelle que soit l'extension qu'on donne au diamètre des rivets, ne doit pas inspirer une confiance absolue pour le serrage des tôles.

Nous avons déjà donné les dispositions d'ensemble à propos de la description générale de l'ouvrage et du calcul de ses fondations et de ses appuis. Nous pouvons maintenant entrer dans l'examen détaillé des diverses parties de l'ossature métallique et aborder le calcul de ses dimensions, conformément aux dispositions suivantes:

La bâche se compose de deux poutres à âmes pleines, servant à la fois à soutenir la cuvette métallique et à en constituer les parois à leur partie supérieure.

La distance entre les axes des poutres est de 7^m,259;

La largeur de la bâche entre âmes, 7^m,25;

Ces poutres ont une hauteur de 3^m,40.

L'âme a une épaisseur de 9 millimètres, et les semelles, en nombre variable suivant l'intensité des moments fléchissants, se composent de tôles de 8 à 15 millimètres d'épaisseur sur 650 millimètres de largeur.

Ces poutres-maîtresses sont reliées par des pièces de pont qui sont disposées entre les piles, à une distance uniforme mesurée suivant l'axe du canal, de 1^m,475 pour les travées extrêmes et de 1^m,45 pour les travées courantes.

Au-dessus des piles et des culées, les pièces de pont sont rapprochées de manière à présenter les intervalles suivants:

1 mètre sur l'appui des culées;

1^m,15 de chaque côté de l'axe des appuis sur pile.

Sur les pièces de pont s'appuient les tôles du fond de la bâche, qui viennent se raccorder en se recourbant avec l'âme des poutres maîtresses.

Les pièces de pont sont également relevées près
poutres maîtresses suivant la même courbure.

A chaque pièce de pont placée entre les deux po
maîtresses correspond, à l'extérieur de la bâche,
console qui sert à supporter les chemins de halag
l'intermédiaire de tôles embouties qui vont d'une co
à la suivante.

Ces chemins, s'étendant ainsi au-dessus des co
comme au-dessus de la semelle supérieure des po
présentent, de chaque côté du pont-canal, une larg
2m,50 suffisante pour assurer facilement le passage
paire de chevaux attelés de front suivant l'habitu
Nord de la France et des régions avoisinantes.

A chaque pièce et à chaque console extérieure co
pond également une petite console placée à l'intérie
la bâche, au-dessous de la semelle supérieure.

Ces consoles intérieures sont destinées à fixer les
grines en bois prévues au plan d'eau, afin de ne
exposer directement aux chocs des bateaux l'ossatur
métal.

Des cours de cornières horizontales placées sur
tôles de la bâche à l'extérieur de la cuvette et des
grines placées à sa partie inférieure, au-dessous des
du plafond, assurent la rigidité de chacun des pann
constituant la bâche et se trouvant en contact
l'eau.

Nous donnons (Pl. 16 et 17) les détails de construc
de la bâche métallique. Le raccord de la partie cou
de la bâche avec l'âme pleine des poutres maîtress
présenté quelques difficultés sous le rapport de la riv
et n'a pu être établi, d'une manière satisfaisante,
par l'emploi de coins en acier dont le dispositif est rep
duit dans la *fig.* 4, pl. 16.

Le mouillage du pont-canal est 2m,20.

On relève les hauteurs suivantes :

1° Au-dessous de l'étiage :

Du dessous des poutres maîtresses.......	8m,00
Du fond de la bâche....................	8 ,80
Du plan d'eau dans le pont-canal........	11 ,00
Des chemins de halage..................	11 ,75

2° Au-dessus des plus hautes crues de la Loire :

Du dessous des poutres maîtresses........	1m,50
Du fond de la bâche....................	2 ,30
Du plan d'eau dans le pont-canal.........	4 ,50
Des chemins de halage..................	5 ,25

En somme, cette poutre droite de 3m,40 de hauteur, placée sur des appuis espacés de 40 mètres d'axe en axe, rentre comme aspect général dans les dimensions usuelles des poutres de chemins, sa hauteur étant de 1/12 de la portée et le garde-corps en fer se voyant très peu.

Le pont a été calculé pour un mouillage de 2m,30 et les déversoirs établis sur le bief de jonction permettent d'éviter que ce niveau soit dépassé.

La section mouillée dans la bâche, en supposant le plan d'eau normal à 2m,20 au-dessus du plafond est de 15m²,60, soit un poids d'eau de 15.600 kilogrammes par mètre courant.

D'autre part, le poids de l'ossature en acier est, non compris les appuis :

Au total.................	2.844.055 kilogrammes
Par mètre courant.......	4.740 —

et y compris les appuis :

Au total.................	2.989.161 kilogrammes
Par mètre courant.......	4.982 —

Les chaussées, le bitume, les charpentes pour longrines pèsent :

1° Par mètre courant.......	2.195 kilogrammes
2° Pour une travée.........	87.800 —

Le poids de l'ouvrage supposé à sec est donc, comprenant le poids accessoire sans les appuis :

1° Par mètre courant (4.740 kg. + 2.195 kg.) = 6.935 k
2° Pour une travée........................ 277.400

Le poids de l'ouvrage supposé plein est, par sui mouillage normal de 2^m,20 :

1° Par mètre courant (6.935 kg. + 15.600 kg.) = 22.535 k
2° Pour une travée........................ 901.400

En résumé, avec ces travées de 40 mètres, on ar au moyen d'une ossature métallique de 4.740 kilogra par mètre courant, à supporter un poids total par m courant de :

4.740 kg. + 2.195 kg. + 15.600 kg. = 22.535 kilogramm
(ossature métallique comprise).

Cette poutre de 600 mètres de longueur est fixée la pile n° 8. De l'un des côtés se trouve un tronço huit travées et, de l'autre, un tronçon de sept travée peuvent se dilater librement en pénétrant dans la cha réservée à cet effet dans chaque culée.

La course de chacun de ces tronçons pour des li de température variant de — 20° à + 50°, c'est-à- pour un écart de 70°, est de 216 millimètres pour les travées de la rive droite :

$$70 \times 280 \times 0,000116 = 0,216$$

et de 246 millimètres pour les huit travées de la r gauche :

$$70 \times 320 \times 0,000116 = 0,246.$$

Pour permettre à ces mouvements de se produire, bâche mobile peut plonger comme un piston dans

bâche fixe de faible longueur fixée aux culées, les deux bâches fixe et mobile étant séparées par des étoupes comprimées. Des tampons maintiennent cette compression des étoupes et sont eux-mêmes pressés par des vis qui se meuvent dans des écrous reliés à la bâche fixe.

En outre, une bande en caoutchouc en forme d'U relie la bâche fixe et la bâche mobile à l'intérieur de la chambre d'étanchement. Cette bande de caoutchouc forme soufflet et permet à ses deux extrémités de prendre des positions variables avec la dilatation de la poutre. Les eaux de la bâche ne peuvent arriver aux étoupes que si elles ont traversé le caoutchouc.

Enfin, pour que ce caoutchouc ne soit pas détérioré, le joint formé par le caoutchouc en U est recouvert par deux tôles, l'une reliée à la bâche fixe, et l'autre à la bâche mobile qui se meuvent, l'une par rapport à l'autre, à frottement serré.

Ainsi, les moyens d'étanchement à la jonction de la bâche aux culées en maçonnerie sont au nombre de trois qui se succèdent dans l'ordre suivant, en allant de l'intérieur vers l'extérieur de la bâche :

1° Tôles à frottement serré ;

2° Joint en caoutchouc en forme d'U ;

3° Étoupes serrées entre les deux bâches et maintenues par des tampons presse-étoupes.

La combinaison de cet ensemble de procédés d'étanchement a donné jusqu'ici de bons résultats (voir les *fig.* 5 et 9 de la pl. 17).

Le poids des aciers et fers mis en place s'élève à 2.989.161 kilogrammes, et la dépense correspondante à 1.177.280 fr. 27.

Ces travaux ont fait l'objet d'un projet d'exécution présenté en date du 27 juin 1890, approuvé le 25 novembre 1890 et adjugé, le 28 février 1891, à MM. Daydé et Pillé, constructeurs à Creil (Oise).

La seizième travée est constituée par une bâche m
lique ayant 10^{m},15 de portée entre les appuis.

Son poids est de 87.486 kilogrammes (y compris d
sées et accessoires).

Le poids total de l'ossature des quinze travées
Loire et de la seizième travée sur le canal s'élè
3.076.647 kilogrammes.

Les travaux ont été exécutés pendant les camp
1892, 1893 et 1894.

Le pont-canal lui-même a donc demandé cinq
pagnes pour son exécution. Il porte les deux
1890-1894.

Nous avons maintenant à donner quelques détails
les calculs de résistance.

Le projet présenté avait été étudié avec des sem
formées de tôles ayant la même épaisseur que l'âme (9
limètres). L'entreprise nous proposa de composer
semelles avec des tôles ayant la plupart 11 millim
et même quelques-unes, celles qui règnent sur la
faible longueur, mesurant 12, 13 et 15 millimètres.
avons accepté ces propositions parce que, malgré la
grande épaisseur des tôles, la surface totale des mom
résistants embrassant le périmètre-enveloppe des mom
fléchissants maxima en chaque point, n'était pas sens
ment plus élevée. Par suite, l'accroissement de dépe
correspondant à l'emploi des tôles de 11 millimètres,
pouvait être que relativement très faible.

Les moments fléchissants ont été déterminés anal
quement d'après les méthodes de MM. Collignon et Bre
méthodes d'une application très simple dans le cas p
culier où il n'y a pas de surcharge à considérer et où
travées sont égales.

La donnée essentielle est la charge par mètre cou
qui, le pont étant rempli à la tenue de 2^{m},25, est ég
à 24.600 kilogrammes, non compris les appuis, mais

tenant compte d'une surcharge sur les trottoirs de 400 kilogrammes par mètre carré.

Ce qui donne pour chacune des deux poutres maîtresses :

$$p = 12.300 \text{ kilogrammes.}$$

On a donc, pour la quantité pl^2, la valeur :

$$pl^2 = 12.300 \times 40^2 = 19.680.000 \text{ kilogrammes.}$$

Les moments fléchissants ont été notamment déduits, jusqu'à la sixième travée, du formulaire de M. Bresse qui est établi, on le sait :

1° En ce qui concerne les moments sur les piles, d'après le théorème des trois moments :

$$M_{m-1} + 4M_m + M_{m+1} + pl^2 = o,$$

relation qui lie les moments sur les appuis d'ordre $m - 1$, m et $m + 1$ et qui, appliquée aux $n + 1$ appuis d'une poutre à n travées, donne $n - 1$ équations avec $n - 1$ inconnues, si l'on observe que les moments d'encastrement sur les culées M_0 et M_n sont tous deux nuls ;

2° En ce qui concerne la courbe des moments à l'intérieur de chaque travée par la formule :

$$M = M_{m-1} + (M_m - M_{m-1}) \frac{x}{l} - \frac{1}{2} px (l - x).$$

Toutes ces courbes sont des paraboles à axe vertical qui, dans chaque travée, coupant en deux points l'axe des x, présentent, entre ces deux points, où le moment de flexion est nul, un maximum négatif et sur chaque pile un moment positif d'une valeur généralement plus grande.

Les deux maxima positifs de deux courbes consécutives se réunissent sur chaque pile avec une direction se rapprochant de la verticale. Aussi, la série des courbes à considérer, pour avoir la loi de succession des moments

fléchissants, dans l'ensemble de la poutre, présente-t-
en quelque sorte un point de rebroussement au-dessus
chaque pile.

Les deux points où les paraboles coupent l'axe des
sont situés sensiblement au 1/4 et aux 3/4 des travé
sauf dans les travées extrêmes où, l'encastrement n'e
tant pas au-dessus des culées, la courbe passe par
appuis extrêmes de ces culées et coupe l'axe en un sec
point situé aux 4/5 environ de la travée à partir de
culée.

Le formulaire de M. Bresse ne s'étendant pas au-
de la sixième travée, le moment sur l'appui 7 (le mê
que sur l'appui 8) a été calculé directement. Il y a d'aille
lieu d'observer que les valeurs de ces moments, au-
de la sixième pile, convergent rapidement vers une li
donnée et constante.

Les poutres maîtresses appelées à fournir les mome
résistants correspondants sont constituées, d'une mani
continue, sur toute la longueur des travées :

1° Par une âme de 3m,40 de hauteur et de 9 mi
mètres d'épaisseur;

2° Par quatre cornières $\frac{140 \times 140}{13}$;

3° Par une semelle haut et bas de 650 × 10 ;

4° Par des semelles supplémentaires de même larg
et d'épaisseurs variant de 8 à 15 millimètres. Leurs l
gueurs ont été déterminées, de manière à ce que
moments résistants, en admettant pour les aciers
limite de travail de 10 kilogrammes par millimètre car
soient pour chaque section, supérieurs aux mome
fléchissants.

Ces moments résistants ont été calculés par la fo
mule :

$$\frac{2RI}{h}.$$

in prenant pour R, comme nous venons de l'indiquer
haut, en principe, la valeur :

$$R = 10.000.000.$$

n arrive ainsi à une série de moments résistants et
lués de la manière suivante :

ection composée de l'âme et des cornières seulement. — (Section A)........................	398.659
ection A ci-dessus augmentée d'une 1re semelle 650 × 10 (haut et bas). — (Section B)..........	617.327
Section B augmentée d'une 2e semelle de 650 × 8 (haut et bas). — (Section C_1)................	785.658
Section B augmentée d'une 2e semelle de 650 × 8 (haut et bas). — (Section C_2)................	814.171
Section B augmentée d'une 2e semelle de 650 × 8 (haut et bas). — (Section C_3)................	836.041
Section B augmentée d'une 2e semelle de 650 × 8 (haut et bas). — (Section C_4)................	856.949
Section C_3 augmentée d'une 3e semelle de 650 × 11 (haut et bas). — (Section D_1)..................	1.076.696
Section C_4 augmentée d'une 3e semelle de 650 × 11 (haut et bas). — (Section D_2)................	1.098.574
Section D_2 augmentée d'une 4e semelle de 650 × 11 (haut et bas). — (Section E_1)................	1.339.323
Section D_1 augmentée d'une 4e semelle de 650 × 12 (haut et bas). — (Section E_2)................	1.339.323
Section D_2 augmentée d'une 4e semelle de 650 × 13 (haut et bas). — (Section E_3)................	1.383.106
Section E_1 augmentée d'une 5e semelle de 650 × 12 (haut et bas). — (Section F_1)	1.602.074
Section E_2 augmentée d'une 5e semelle de 650 × 12 (haut et bas). — (Section F_2)................	1.602.074
Section E_3 augmentée d'une 5e semelle de 650 × 12 (haut et bas). — (Section F_3)................	1.667.787
ection F_3 augmentée d'une 6e semelle de 650 × 15 ut et bas). — (Section G)....................	1.996.497

es longueurs des semelles supplémentaires se déter-

minent graphiquement d'après l'épure (*fig.* 2 de pl. 20), où l'on peut relever immédiatement :

1° Les valeurs relatives des moments fléchissants leurs valeurs absolues par le tracé, au-dessus de l'a d'une parabole symétrique des moments négatifs ;

2° Les moments résistants en valeur absolue avec distinction des aires correspondant aux moments élém taires ;

a. De l'âme ;

b. Des cornières haut et bas ;

c. De chacune des semelles (semelle continue semelles supplémentaires haut et bas).

La même épure donne également la répartition tôles en longueur, ainsi que les couvre-joints destiné suppléer à la discontinuité des tôles suivant leur l gueur.

Ces longueurs de tôles varient, en général, comme peut le voir, de 5 à 8 mètres ; la plupart oscillent aut de la dimension 6 mètres avec quelques écarts en plus en moins.

Nous relevons encore sur l'épure le travail maxi qui a lieu dans les semelles les plus éloignées de l' neutre, c'est-à-dire du milieu de l'âme, puisque la po est symétrique.

Les résultats analytiques du calcul des moments fléc sants et résistants peuvent se résumer dans le tableau s vant que nous arrêtons à la pile n° 8, en raison de symétrie de la poutre par rapport au milieu de la h tième travée.

DÉSIGNATION — Des appuis	DÉSIGNATION — Des travées où se trouvent les maxima intermédiaires	VALEUR DES ABSCISSES — x_1 Moments de flexion nuls	VALEUR DES ABSCISSES — x_2 Moments de flexion nuls	VALEUR DES ABSCISSES — $x_m = \frac{x_1 + x_2}{2}$ Maximums intermédiaires	SEMELLES SUPÉRIEURES de la poutre donnant le moment fléchissant maximum en outre de la section constante composée de 1 âme de 9mm, 4 cornières de $\frac{140 \times 140}{13}$ et de 1 semelle courante de $\frac{650}{10}$ — NOMBRE	SEMELLES SUPÉRIEURES — ÉPAISSEUR cumulée des semelles supplémentaires vis-à-vis l'abscisse x_m	ÉPAISSEUR TOTALE DES SEMELLES A RIVER	ÉPAISSEUR TOTALE A RIVER y compris la cornière d'attache des semelles à l'âme, mais non compris le couvre-joint	MOMENTS fléchissants correspondants	MOMENTS résistants correspondants	TRAVAIL MAXIMUM PAR mm² $\frac{10Mf}{Mr}$ dans la section considérée	OBSERVATIONS
Culée		»	»	»	»	»	10mm	23mm	»	»	»	
	1	0	31.547	15.773	4	45mm	55	68	1.530.144	1.602.074	9k,55	Y compris une âme de renfort de 8mm
1re pile		»	»	»	5	63	73	86	2.079.428	2.144.287	9,70	
	2	10.718	31.547	21.132	1	8	18	31	667.049	785.658	8,49	
2e »		»	»	»	4	45	55	68	1.522.248	1.751.379	8,69	id.
	3	7.846	31.547	19.696	1	10	20	33	863.662	836.041	10,33	
3e »		»	»	»	4	45	55	68	1.671.560	1.751.379	9,54	id.
	4	8.616	31.547	20.081	1	9	19	32	807.255	814.171	9,92	
4e »		»	»	»	4	45	55	68	1.631.511	1.751.379	9,32	id.
	5	8.409	31.547	19.978	1	9	19	32	823.031	814.171	10,11	
5e »		»	»	»	4	45	55	68	1.642.434	1.751.379	9,38	id.
	6	8.465	31.547	20.006	1	9	19	32	819.190	814.171	10,06	
6e »		»	»	»	4	45	55	68	1.639.187	1.751.379	9,36	id.
	7	8.449	31.547	19.998	1	9	19	32	820.351	814.171	10,08	
7e »		»	»	»	4	45	55	68	1.640.112	1.751.379	9,37	id.
	8	8.455	31.545	20.000	1	9	19	32	819.888	814.171	10,07	
8e »		»	»	»	4	45	55	68	1.640.112	1.751.379	9,37	id.

Il résulte également du tableau précédent et de l'ép correspondante que les semelles supplémentaires règn sur les longueurs suivantes :

Vers le milieu des travées ci-après	Sur les appuis	LONGUEURS DES SEMELLES SUPPLÉMENTAIRES 1re	2e	3e	4e	5e
1re et 15e		24m,935	21m,960	18m,960	10m,897	»
	1re pile	17 ,530	10 ,4885	7 ,9375	7 ,9375	3m,558
2e et 14e		5 ,640				
	2e et 13e	10 ,210	7 ,745	4 ,990	2 ,670	
3e et 13e		13 ,060				
	3e et 12e	10 ,210	7 ,745	4 ,990	2 ,670	
4e et 12e		11 ,950				
	4e et 11e	10 ,210	7 ,745	4 ,990	2 ,670	
5e et 11e		11 ,950				
	5e	14 ,875	7 ,745	4 ,990	2 ,670	
6e et 10e		11 ,950				
	6e	17 ,3875	7 ,745	4 ,990	2 ,670	
7e et 9e		11 ,950				
	7e	10 ,2095	7 ,745	6 ,440	5 ,425	
8e		11 ,950				
	8e	17 ,3875	7 ,745	4 ,990	2 ,670	
	9e	13 ,110	7 ,745	4 ,990	2 ,670	
	10e	10 ,210	7 ,745	4 ,990	2 ,670	
	14e	13 ,1925	10 ,4885	7 ,9375	7 ,9375	3m,558

Les efforts tranchants qui constituent une foncti linéaire de la longueur et du poids par mètre coura fonction dérivée de la fonction primitive des momen fléchissants ont été déterminés par les formules égale ment bien connues :

Sur l'appui m :

$$T_m = px_m ;$$

sur l'appui $m + 1$:

$$T_{m+1} = p\,(l - x_m),$$

x_m étant la valeur de l'abscisse correspondant au maxi-

mum des moments négatifs et, par conséquent, à la section où la dérivée de la courbe des moments est nulle.

On arrive ainsi au tableau ci-après :

NUMÉROS des travées	INDICATION des appuis	DÉTAIL DES CALCULS	EFFORTS tranchants par appui	TOTAUX pour chaque appui
		($pl = 12.300 \times 40 = 492.000$)		
1e	Culée ...	$px_m = 12.300 \times 15.773$	194.008k	
	1e pile ..	$pl - px_m = 492.000 - 194.008$	297.200	194.008
2e	1e — ..	$px_m = 12.300 \times 21.132$	259.924	
	2e — ..	$pl - px_m = 492.000 - 259.924$	232.076	557.916
3e	2e — ..	$px_m = 12.300 \times 19.696$	242.261	
	3e — ..	$pl - px_m = 492.000 - 242.261$	249.739	474.337
4e	3e — ..	$px_m = 12.300 \times 20.081$	246.996	
	4e — ..	$pl - px_m = 492.000 - 246.996$	245.004	496.735
5e	4e — ..	$px_m = 12.300 \times 19.978$	245.729	
	5e — ..	$pl - px_m = 492.000 - 245.729$	246.271	490.733
6e	5e — ..	$px_m = 12.300 \times 20.006$	246.074	
	6e — ..	$pl - px_m = 492.000 - 246.074$	245.926	492.345
7e	6e — ..	$px_m = 12.300 \times 19.998$	245.975	
	7e — ..	$pl - px_m = 492.000 - 245.975$	246.025	491.901
8e	7e — ..	$px_m = 12.300 \times 20.000$	246.000	
	8e — ..	$pl - px_m = 492.000 - 246.000$	246.000	492.025

C'est l'âme seule qui est considérée habituellement comme devant résister aux efforts tranchants.

On a fait ressortir la vérification de ce principe dans le cas du pont-canal également par une méthode graphique à la suite de l'épure donnant les moments fléchissants et résistants. Pour cela, on a d'abord tracé, sur un axe des abscisses correspondant au même axe que l'épure précédente, les droites représentant dans chaque travée les efforts tranchants avec leur valeur en grandeur et en signe, et ensuite leur valeur en grandeur absolue en traçant au-dessous de l'axe des abscisses une droite symétrique de la droite représentant les efforts tranchants positifs.

Ensuite on a porté, sur des ordonnées négatives, une hauteur proportionnelle à la résistance totale de l'âme (âme unique continue et renfort de l'âme au droit des

piles), en prenant pour base une résistance élément au cisaillement de 8 kilogrammes par millimètre carré.

On voit, par la comparaison des aires ainsi formé que, sur aucun point, les efforts tranchants ne dépas les résistances prévues d'après le coefficient de 8 k grammes et restent même souvent au dessous.

Il faut ensuite examiner la résistance à l'écrase des panneaux sur les piles et sur les culées.

Au droit de ces piles, l'âme unique de 9 millimèt qui règne d'une manière continue sur toute la long de la poutre, a été renforcée sur une longueur de 8m, pour la première et la quinzième pile et de 5m,470 p toutes les autres piles, par une autre tôle de 8 m mètres, ce qui, sur ces diverses longueurs, porte l'ép seur totale de l'âme à 17 millimètres. On y a ajouté t montants verticaux, de manière à ce que l'ensemble la section horizontale de chaque poutre maîtresse, dessus des appareils d'appui, présente les surfaces tot suivantes:

1° PILES.

Section courante.

Ame.............	$1.400 \times 9 = 12.600^{mm2}$	23.800
Renfort de l'âme.	$1.400 \times 8 = 11.200$	
Couvre-joint intérieur..........	$390 \times 9 = 3.510$	6.630
Couvre-joint extérieur..........	$390 \times 8 = 3.120$	

Montant central extérieur.

Ame.............	$327,5 \times 8 = 2.620^{mm2}$	16.102
Semelle..........	$250 \times 9 = 2.250$	
Cornières $\frac{90 \times 70}{9}$	$6 \times 151 \times 9 = 8.154$	
Cornières $\frac{90 \times 90}{9}$	$2 \times 171 \times 9 = 3.078$	

Montants extrêmes extérieurs (2 semblables).

Ame.............	$335,5 \times 8 =$	2.684^{mm^2}	
Semelle..........	$250 \times 9 =$	2.250	
Cornières $\frac{90 \times 70}{9}$	$6 \times 151 \times 9 =$	8.154	$\times 2 = 32.322$
Cornières $\frac{90 \times 90}{9}$	$2 \times 171 \times 9 =$	3.078	
Section à considérer.............			78.864^{mm^2}

2° CULÉES.

Sur les culées, la section résistant à l'écrasement n'est que de.......................... 30.176^{mm^2}

On arrive ainsi au tableau suivant :

	CULÉES	1re PILE	2e PILE	3e PILE	4e PILE	5e PILE	6e PILE	7e PILE
…t d'écrasement...........	194.008	557.916	474.337	496.735	490.733	492.345	491.901	492.025
…ion résistante............	30.176	78.864	78.864	78.864	78.864	78.864	78.864	78.864
…cient de travail par millimètre carré...............	6k,43	7k,07	6k,01	6k,31	6k,22	6k,24	6k,24	6k,24

Examinons maintenant les déformations de l'ossature sous l'action des forces qui agissent sur elle.

Si l'on admet, pour la déformation prévue de la poutre maîtresse, les théories simplifiées de M. Bresse, c'est-à-dire si l'on se contente d'une première approximation, comme du reste on le fait pour le calcul des moments fléchissants, en supposant la section de la poutre constante, on arrive à trouver, pour les flèches au milieu des diverses travées les valeurs suivantes qui ne varient plus, du reste, dès que le nombre des travées dépasse 12 pour croître indéfiniment (Voir Bresse, t. II, p. 187).

$$f_1 = 2{,}4641 \times \frac{pl^4}{384EI} = 0{,}0327$$

$$f_2 = 0{,}6077 \times \frac{pl^4}{384EI} = 0{,}0168$$

$$f_3 = 1{,}1051 \times \frac{pl^4}{384EI} = 0{,}0286$$

$$f_4 = 0{,}9718 \times \frac{pl^4}{384EI} = 0{,}0259$$

$$f_5 = 1{,}0075 \times \frac{pl^4}{384EI} = 0{,}0268$$

$$f_6 = 0{,}9980 \times \frac{pl^4}{384EI} = 0{,}0266$$

$$f_7 = 1{,}0005 \times \frac{pl^4}{384EI} = 0{,}0266$$

$$f_8 = \frac{pl^4}{384EI} = 0{,}0266$$

Enfin le tableau ci-après résume la comparaison [illegible] flèches obtenues par le calcul et de celles observé[illegible] diverses manières pendant les épreuves du pont-can[illegible]

NUMÉROS des travées	FLÈCHES calculées (méthode Bresse)	FLÈCHES OBSERVÉES par nivellement		FLÈCHES OBSERVÉES sur les appareils à levier		FLÈCHES OBSERVÉES sur les appareils hydrauliques		[illegible] la cal[illegible] et [illegible] moy[illegible] des colo[illegible] 3 e[illegible]
		amont	aval	amont	aval	amont	aval	
1	2	3	4	5	6	7	8	[illegible]
1	32mm,7	22mm	24mm	18mm,4	»	26mm,1	26mm,83	9m[illegible]
2	16 ,8	7	9	9 ,2	»	11 ,85	12 ,32	8
3	28 ,6	12	12	»	»	17 ,41	15 ,23	16
4	25 ,9	11	14	12 ,5	15mm,1	15 ,95	16 ,44	13
5	26 ,8	17	12	15 ,8	12 ,6	18 ,61	19 ,1	12
6	26 ,6	15	15	»	»	15 ,23	16 ,92	11
7	26 ,6	14	12	»	»	18 ,85	14 ,5	13
8	26 ,6	15	14	»	»	16 ,44	12 ,81	12
9	26 ,6	17	14	»	»	15 ,71	14 ,02	11
10	26 ,6	15	13	»	»	16 ,92	16 ,44	12
11	26 ,8	14	15	13 ,1	12 ,5	16 ,44	15 ,95	12
12	25 ,9	14	13	13 ,8	13 ,4	15 ,47	14 ,5	12
13	28 ,6	15	17	»	»	14 ,99	16 ,2	12
14	16 ,8	14	12	»	»	»	12 ,09	3
15	32 ,7	25	24	»	»	25 ,25	23 ,21	8

On voit, par ce tableau, que les flèches observ[illegible] sont de 1/3 environ moins fortes que les flèches cal[illegible]

lées d'après le formulaire de M. Bresse, fait assez général d'ailleurs dans les grands ponts métalliques.

Les entretoises porteuses du fond de la bâche tout à fait analogues aux pièces de pont des poutres tubulaires avec passage à la partie inférieure de la poutre sont espacées d'axe en axe de $1^m,475$ dans les première et quinzième travées, et de $1^m,450$ dans toutes les autres travées, sauf au-dessus des plaques d'appui où les trois pièces de pont consécutives sont rapprochées à la distance de $1^m,150$.

A chacune de ces entretoises correspond, à l'extérieur de la bâche, un montant vertical, en forme de double **T**, s'étendant de la semelle inférieure à la semelle supérieure de la poutre maîtresse et raidissant ainsi cette poutre maîtresse. De plus, c'est à ces montants verticaux que sont rattachées les consoles en encorbellement.

De sorte que le nombre des sections comprenant une entretoise porteuse, un montant vertical et une console en encorbellement de chaque côté de la bâche s'élève, pour les 15 travées, au nombre total de 421.

Nous terminerons cette analyse détaillée de la poutre en faisant connaître :

1° Qu'un longeron central et quatre cours de cornières doubles servent à raidir le fond de la bâche ;

2° Que trois cours de cornières également horizontales, placées à l'extérieur de l'âme des poutres-maîtresses au quart, à la moitié et aux trois quarts de la hauteur de cette âme, servent à compléter les dispositions prévues pour assurer le raidissement de cette âme et empêcher toute déformation sensible dans le sens horizontal transversal au canal des panneaux qui la composent (voir ci-dessous la coupe transversale de la bâche).

De toutes ces pièces accessoires, les seules pouvant donner lieu à un calcul précis sont :

1° Les entretoises porteuses ;

2° Les montants verticaux.

Les calculs relatifs à l'entretoise porteuse se résu
de la manière suivante :

Les entretoises se relèvent vers leur jonction av
poutres maîtresses auxquelles elles sont reliées pa
rivures le long de l'âme sur une hauteur totale de 1
la hauteur d'assemblage est, par suite, presque trip
la hauteur normale de l'entretoise (0m,723).

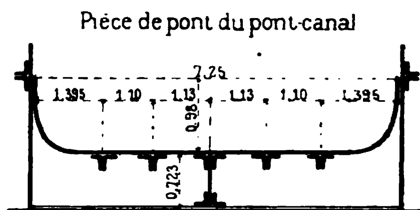


Fig. 2.

Dans ces conditions on peut supposer au moin
demi-encastrement des entretoises à leurs deux extr
tés et, par suite, prendre pour les moments fléchiss

1° Aux extrémités :

$$M = \frac{1}{6} pl^2$$

(au lieu de $\frac{1}{12} pl^2$ en cas d'encastrement complet);

2° Et au milieu de la portée, le moment maximum :

$$M = \frac{1}{12} pl^2$$

(au lieu de $\frac{1}{24} pl^2$ en cas d'encastrement complet).

D'autre part, la charge que supporte une entret
dans les travées centrales est la suivante :

Poids propre de l'entretoise et de la bâche correspondante	1.799 kg.
Poids d'un panneau du longeron central	139
Poids des longerons intermédiaires	89
Poids de la charge liquide entre les deux demi-parties s'étendant de chaque côté de l'entretoise, soit pour $1^m,475$ de pont-canal, à raison de 15.600 kg. par mètre courant	23.010
TOTAL	25.037 kg.

La portée de l'entretoise qui a à supporter cette charge est de $7^m,23$ dans le sens transversal à l'axe du pont et, par suite, le poids par mètre courant de portée de l'entretoise est :

$$\frac{25.037}{7,23} = 3.463 \text{ kilogrammes,}$$

et le moment fléchissant maximum au milieu de la portée :

$$\frac{3.463 \times \overline{7^m,23}^2}{12} = 15.085 \text{ kilogrammes.}$$

D'autre part, la section résistante est composée d'une âme de 700×7 et de 4 cornières de $\frac{70 \times 70}{7}$ ayant comme moment d'inertie :

$$I = \frac{0,147 \times \overline{0,700}^3 - 2(0,063 \times \overline{0,686}^3 + 0,007 \times \overline{0,56}^3)}{12} = 0,0006072.$$

On en tire :

$$\frac{2I}{h} = \frac{2 \times 0,0006072}{0,700} = 0,001735.$$

Le travail correspondant par millimètre carré se trouve égal à :

$$T = \frac{M}{\left(\frac{2I}{h} \times 10^6\right)} = \frac{15.085}{0,001735 \times \overline{10}^6}.$$

D'où :

$$T = \frac{15.085}{1735} = 8^{kg},69,$$

chiffre inférieur à la limite de travail admise po
aciers.

2° MONTANTS VERTICAUX.

Dans les calculs de résistance nous avons été co
à considérer les montants verticaux placés entre les
soles extérieures d'une part, et l'âme des poutres de
d'autre part, comme encastrés à leur extrémité
rieure dans la section horizontale MN (voir croq
dessous) et libres à leur extrémité supérieure.

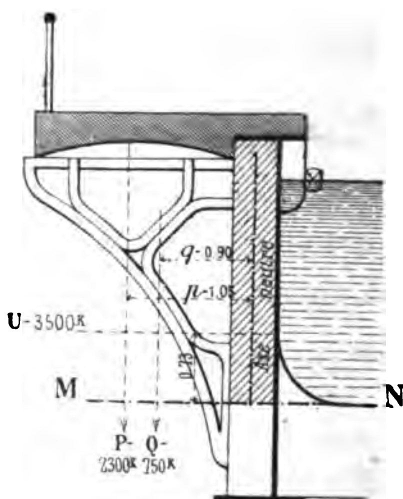


Fig. 3.

Ces montants sont soumis aux actions des forces ve
cales P et Q dues au poids du chemin de halage, de
surcharge et de toute l'ossature située à l'extérieur
l'âme des poutres maîtresses par rapport à la cuvette

force horizontale U due à la poussée de l'eau contenue la cuvette.

ns ces conditions, ce moment d'encastrement est é par la formule :

$$\mu = Pp + Qq + Uu.$$

on a :

$$P = 2.300 \qquad p = 1,05$$
$$Q = 750 \qquad q = 0,90$$
$$U = 3.500 \qquad u = 0,73$$

où :

$$2.300 \times 1,05 + 750 \times 0,90 + 3.500 \times 0,73 = 5.645 \text{ kg.}$$

le moment résistant de ce montant est :

$$= \frac{2 \times 10.000.000 \times 0,000135.084}{0,3445} = 7.820 \text{ kilogrammes.}$$

nc le travail du métal dans sa résistance à une action enversement sera :

$$\frac{5.645 \times 10}{7.820} = 7^{kg},22.$$

'autre part, la somme des charges verticales applis à ce moment est :

$$P + Q = 2.300 + 750 = 3.050,$$

a section horizontale composée d'une âme et de quatre ières présente une surface de 7.135 millimètres car- ce qui donne pour ce même montant, étant consi- comme pièce chargée debout, un travail de $0^{kg},43$ millimètre carré.

es rivures ont été prévues et exécutées d'après les es expérimentales usuelles étendues de la limite, millimètres, qu'on rencontre dans les divers traités sal, Pillet) jusqu'à l'épaisseur de 95 millimètres, cette

dernière épaisseur étant exceptionnelle et ne ré
que sur 3^{m},55 au-dessus de la première et de la
torzième piles.

On peut vérifier ce point par la comparaison des
tableaux ci-après :

L'un qui résume les données expérimentales
tuellement admises pour les rivures des ponts métalli

L'autre qui indique les épaisseurs employées e
dans les assemblages des diverses parties de l'oss
métallique.

I. — Données expérimentales des rivures des ponts métal

Épaisseurs totales à river	Diamètre des rivets	Écartement d'axe en axe
16 à 20^{mm}	16^{mm}	90 à 100^{mm}
20 à 25	18	100 à 120
25 à 35	20	
35 à 50	22	
50 à 70	25	

II. — Données admises pour les rivures de l'ossature du po

	Épaisseur totale maximum à river	Diamètre des rivets	Nombre de files	Espa d'axe des
Assemblage des semelles entre elles........	87^{mm}	22^{mm}	5	147^{mm},5 panneau
— des semelles aux cornières.....	95	25	4	136 à panneau
— des cornières à l'âme..........	43	25	2	147^{mm},5
— des diverses parties de l'âme entre elles.............................	63	20	3	100 à
(Joints verticaux en découpe sur l'âme double. 6 files pour les deux joints, soit 3 files par joint.)				
Assemblage des entretoises aux poutres maîtresses.............................	53	20	4	102 à
Assemblage des montants aux poutres maîtresses.............................	53	20	2	102 à
Assemblage des consoles aux montants.....	25	18	2	11
Assemblage ou rivure n'intéressant que l'étanchéité............................	36	16 et 20^{mm}	4	10

De plus, on peut également vérifier que la rivure employée satisfait bien aux conditions habituellement imposées dans les calculs.

La rivure a pour effet :

1° De s'opposer au glissement longitudinal des semelles entre elles ou sur les cornières et de celles-ci sur l'âme, et, dans ce travail de résistance, les rivets travaillent au cisaillement et on a admis, pour leur résistance maximum au cisaillement, 8 kilogrammes, de même que pour la résistance de l'âme à l'effort tranchant ;

2° De provoquer un serrage des tôles entre elles donnant un frottement que l'on évalue (Résal, Flamant) à 15 kilogrammes par millimètre carré de section de rivet. Seulement on ne peut compter, comme limite de sécurité, que sur le tiers ou la moitié environ de ce chiffre et on arrive, dans les deux cas, à prendre comme base un travail de 8 kilogrammes par millimètre carré de rivet.

On sait d'ailleurs que, pour l'assemblage soit des semelles entre elles, soit des semelles aux cornières et des cornières à l'âme, l'effort longitudinal de glissement est donné par la formule :

$$\frac{T}{H},$$

T étant l'effort tranchant et H, la distance verticale entre les rangées de rivets, haut et bas.

Donc, si N est le nombre des rivets par mètre courant de rivure, σ la section en millimètres de chaque rivet supposé travaillant au moins en double section et si nous prenons la résistance par millimètre carré, R = 8, on aura la formule :

$$N2\sigma R = \frac{T}{H}.$$

Appliquons cette formule aux abords des points d'appui

où T est maximum et sensiblement égal à $\frac{pl}{2}$ et à l'as
blage qui fatigue le plus, celui des cornières à l'âme
Prenons, par exemple, le panneau de $1^m,15$ sur la
n° 1, où l'effort tranchant est maximum absolu.

On a donc par mètre courant de rivure :

$$\frac{T}{H} = \frac{297.992}{3.24} = 91.973 \text{ kilogrammes},$$

et pour un panneau de $1^m,15$:

$$91.973 \times 1,15 = 105.769.$$

Or, sur ce panneau, la rivure est assurée par 16 ri
de 25 millimètres présentant chacun une section
490 millimètres carrés, et, par suite, le travail de
rivets est :

$$R = \frac{105.769}{2 \times 16 \times 490} = 6^{kg},75.$$

Il est également intéressant de se rendre compte
travail des rivets dans les assemblages destinés à ass
la continuité des panneaux verticaux formant l'âme
poutres maîtresses.

La section de cette âme qui a, comme on l'a vu
haut, $3^m,40$ de hauteur et 9 millimètres d'épaisseur,
de :

$$3.400 \times 9 = 30.600 \text{ millimètres carrés.}$$

D'autre part, avec le double couvre-joint et en fai
travailler les rivets de 20 millimètres en double sect
au nombre de 62 et d'une section de 314 millimèt
carrés, nous aurons pour le travail de l'âme en sect
normale :

$$30.600 R_1 = 30.600 \times 8 = 2 \times 62 \times 314 \times R_2,$$

d'où pour le travail des rivets d'un couvre-joint par m

limètre carré :

$$R_2 = \frac{30.600 \times 8}{2 \times 62 \times 314} = 6^{kg},28 = \frac{3}{4} R_1.$$

On peut donc conclure de cet ensemble de calculs que, pour chaque point et chaque assemblage de l'ossature métallique du pont-canal, les conditions de travail et de résistance, ainsi que les déformations ont été soigneusement étudiées soit à l'avance, soit *a posteriori*. Ces conditions de stabilité ont été ensuite, comme on l'a vu, vérifiées par l'expérience, et de ces calculs, comme des résultats de cette expérience, il résulte que l'ossature se trouve, sous le rapport de la stabilité, dans des conditions très favorables et donnant toute sécurité, sous la seule réserve que les aciers soient entretenus en bon état, condition facile à réaliser moyennant que la visite de toutes les parties de l'ossature soit aisée et la peinture entretenue en bon état.

Après l'examen et la vérification de la stabilité de toutes les parties de l'ossature qui concourent à la stabilité de l'ouvrage, nous n'avons plus que quelques mots à dire des tôles constituant le fond de la bâche et dont le seul rôle est d'assurer l'étanchéité de la cuvette.

Les panneaux qui forment ce fond de la bâche et, en outre, le raccord du fond avec les poutres maîtresses à mi-hauteur à peu près de ces dernières sont au nombre de deux par chaque intervalle compris entre ces deux entretoises consécutives : ces deux panneaux partant de chaque côté de la cuvette du raccord avec le milieu des poutres maîtresses se rejoignent dans l'axe du pont où se trouve aussi placé un joint longitudinal.

Les dimensions de ces panneaux sont :

1° Entre les poutres maîtresses et le joint longitudinal de l'axe du pont.................................... $4^m,295$

(Sens de la longueur pour ces panneaux et longueur mesurée suivant la courbe du fond de la bâche.)

2° Entre deux entretoises consécutives :

En travée courante	pour les travées de rive	1
	pour les travées ordinaires.........	1
Au-dessus des piles..................................		1
Près des abouts de la bâche..........................		0

Tous les calculs précédents supposent essentiell que l'on a pu prévenir tout voilement des âme poutres maîtresses.

C'est le résultat qui a été obtenu grâce à l'ens de précautions que nous venons de décrire (à l'inté de la bâche, relèvement des entretoises ; à l'extérie la bâche, montants verticaux et trois cours de co horizontales).

Grâce à ces précautions on a réussi complètem empêcher tout gauchissement dans les poutres tresses.

De plus, les tendances au renversement intérie extérieur se sont compensées, l'expérience est cluante sur ce point, et les grandes poutres de â âme pleine ont bien conservé leur verticalité.

Les aciers ont été fabriqués aux usines de Mont-S Martin, près de Longwy.

On aurait pu craindre autrefois que le caractè peu phosphoreux des minerais ne nuisît à la qualit l'acier.

Mais les procédés de fabrication de l'acier au vertisseur basique assurent actuellement l'élimi parfaite du phosphore.

Les agents du service détachés pour suivre la fab tion et les essais ont toujours constaté, dans leurs breuses expériences, un métal répondant largement conditions de douceur et d'élasticité prévues par le de

Les aciers étaient fabriqués au convertisseur Bess par les procédés bien connus, puis coulés en lingots. coulage avait lieu à un moment déterminé :

1° Par l'aspect du métal en fusion et de la grande cornue qui le contenait ;

2° Par des prélèvements d'échantillons donnant à la cassure, après refroidissement, des indications précises sur le grain du métal. Les lingots, après coulage, étaient réchauffés dans un four à réverbère, puis laminés.

Les usines de Longwy fournissent des aciers numérotés de 1 à 9 par ordre de dureté décroissante, depuis l'acier extra-dur jusqu'à l'acier extra-doux (fer presque pur, légèrement aciéreux n° 1). C'était le n° 7 de cette classification qui répondait aux conditions prescrites par le devis.

L'ajustage des tôles et des cornières et le montage de toutes les pièces pouvant s'assembler à l'atelier ont été opérés dans les ateliers des entrepreneurs, MM. Pillé et Daydé, à Creil.

Ces éléments de l'ossature métallique ont été ensuite transportés par eau, de Creil à Briare par bateaux de 30m,50 chargés des aciers, des rivets à poser sur place et de l'outillage correspondant ; ces bateaux de l'ancien type, qui pouvaient seuls accéder à pied-d'œuvre, étaient chargés chacun de 140 à 150 tonnes environ.

On a assemblé sur place, dans le sens longitudinal, les tronçons des poutres maîtresses, puis les pièces de pont avec ces poutres maîtresses, et enfin on passait à la pose des tôles du fond de la bâche et à leur rivure.

Le raccord de la partie courbe de ce fond de la bâche avec les poutres maîtresses, n'a pu s'effectuer qu'au moyen d'une disposition spéciale comprenant l'emploi de rivets fraisés et de coins en acier régnant sur tout le développement longitudinal du raccord.

Le rivetage a été effectué avec la riveuse hydraulique pour tous les rivets accessibles à cet outillage, soit 50 0/0 environ.

On a assuré ainsi, sans le moindre choc, une pres-

sion de 81 kilogrammes par millimètre carré de sect de la tête de rivet (section à la base de cette tête).

Le surplus des rivets a été posé à la main.

L'étanchéité obtenue a été parfaite.

Sur le fond de la bâche où le rivetage des tôles ava comme principal objectif, l'étanchéité et non, com dans le cas des semelles des poutres maîtresses, la rés tance à la flexion, l'étanchéité des assemblages a obtenue en disposant, au-dessus de chaque face, un dou couvre-joint d'une largeur totale de 270 millimètre sur chacune de ces faces du joint on trouvait donc, partir de ce joint, une surface de couvre-joint de :

$$\frac{270}{2} = 135 \text{ millimètres,}$$

reliée aux tôles à assembler par deux lignes de riv placées aux distances ci-après à partir du joint :

Première ligne, à $41^{mm},5$ du joint ;

Deuxième ligne, à $63^{mm},5$ de la précédente, soit 105 millimètres du joint ;

Bord du couvre-joint situé à 30 millimètres de la lig précédente, soit à 135 millimètres du joint ;

Au joint du raccordement de la bâche et de l'âme ve ticale, l'étanchéité est assurée par deux lignes de riv placées :

La première, à 32 millimètres du bord du joint :

La deuxième, à 83 millimètres de la précédente, s à 115 millimètres du bord du joint.

Dans ce cas particulier, il n'y a pas à considérer, com dans le précédent, une disposition symétrique de l'aut côté du joint.

On a construit sur une plate-forme ayant à peu pr 100 mètres, située en arrière de la culée de rive droit d'abord deux travées de 40 mètres, et on a lancé ensuit une des deux travées au moyen de 5 séries de 2 levier

s latéralement à la bâche et reliés par une barre **versale.** Cette barre était manœuvrée par une équipe **0 hommes** placés sur un échafaudage au-dessus de **utre.**

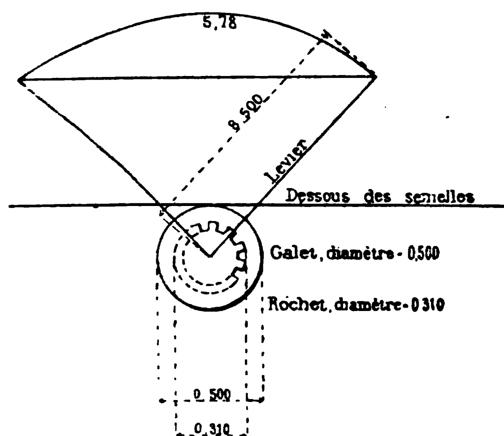


Fig. 4.

a longueur des deux bras de levier par rapport à l'axe **otation** était :

Rayon du rochet................	$0^{m},155$
Longueur du bras de levier......	$8\ ,500$

un rapport de :

$$\frac{0^{m},155}{8^{m},500}, \qquad \text{soit } \frac{155}{8.500} = \frac{31}{1.700}.$$

a roue à rochet actionnait elle-même un galet de rou- **ent** de $0^{m},50$ de diamètre.

onc, pour une course du grand bras de levier de $5^{m},78$, **obtenait**, à chaque manœuvre élémentaire de l'équipe, **avancement** de la roue à rochet de :

$$578 \times \frac{31}{1.700};$$

puis, par là même, un avancement du galet et, par
de la poutre, égal à :

$$578 \times \frac{31}{1.700} \times \frac{0,50}{0,31} = 0^{m},17.$$

L'avancement par heure variait, selon la perfec
l'appareil, les circonstances atmosphériques et les
seurs des semelles à racheter, de 4 à 6 mètres.

En général, une journée était plus que suffisant
lancer une travée.

Le lançage terminé, il ne restait plus qu'une seule
sur la plate-forme, et on en construisait une seco
arrière. Une fois cette seconde travée terminée, o
cédait à un nouveau lançage.

On procéda ainsi au lançage de 7 travées de
rive droite et on opéra de même sur la rive gauch
8 travées furent lancées progressivement. Les
tronçons de poutres furent réunis sur la pile n° 8
poutre continue, ainsi réalisée, fût ancrée sur cett

La construction des chemins de halage n'a été eff
qu'après le lançage et a été réalisée conformémen
dessins de détail de la *fig.* 4, pl. 16.

Au-dessus et de chaque côté des semelles supéri
des poutres maîtresses, on a disposé deux tôles vert
parallèles à l'âme de ces poutres maîtresses et p
par les bords de ces semelles supérieures.

Ces deux tôles verticales supportent des tôles ci
de même largeur que les semelles supérieures, et cel
deux qui est située du côté intérieur de la bâch
percée d'ouvertures en gueule de four qui rendent a
sible toute la surface supérieure des semelles, de
sorte qu'on peut les examiner et, au besoin, les pe
(voir *fig.* 5 et 6, pl. 17).

Ces semelles supérieures des poutres maîtresses
en raison des actions de compression auxquelles

sont soumises, la partie la plus exposée et la plus importante de la construction au point de vue de la conservation en parfait état. C'est pourquoi leur examen périodique, qui est si essentiel, a été assuré avec un soin spécial.

Par-dessus les tôles cintrées on a disposé du béton maigre, et au dessus une couche d'asphalte sablé qui constitue une partie des chemins de halage.

De la sorte, le béton n'est pas en contact avec les pièces métalliques essentielles à la résistance de l'ossature métallique.

Au-dessus des consoles en encorbellement on a disposé une série de tôles embouties de 7 millimètres d'épaisseur assurant une surface entièrement couverte. Cette surface est revêtue d'une couche de béton maigre surmonté d'une chape en asphalte.

De la sorte, toute la surface supérieure de l'ossature, sans exception, aussi bien la partie située au-dessus des consoles que celle située au-dessus des poutres maîtresses, se trouve placée sous un revêtement général en asphalte.

Ce revêtement est seulement plus bas au-dessus des consoles qu'au-dessus des poutres-maîtresses, et c'est sous cet encaissement limité entre deux longerons que se trouve disposée la chaussée en empierrement sur une largeur de 1^{m},85. Le longeron extérieur supporte le garde-corps.

Le chemin de halage, en profil en long, présente un palier et, en profil en travers, une pente dirigée vers l'extérieur du pont.

Tous les 6^{m},65 une gargouille assure l'écoulement des eaux.

Portes de garde. — Pour compléter ce qui a trait aux parties métalliques du pont-canal, nous devons citer :

1° Les portes de garde établies dans chacune des deux

culées du pont-canal qui sont du type employé au c
latéral de 1886 à 1895 (ossature en fer et bordag
bois). Depuis 1895, on n'a plus employé que des p
entièrement métalliques.

Leur hauteur totale est de 3^{m},30, et chaque va
comporte un poids de fer de 3.357^{kg},250.

Ces portes font partie d'un projet d'ensemble com
nant la fourniture de toute une série de portes e
vannes de vidange.

La dépense correspondant aux quatre vantaux inst
dans le pont-canal est de 7.386 fr. 80 ;

2° Les 8 vannes de vidange établies aux quatre a
des deux cuvettes métalliques, celle du grand pont-c
et celle du petit pont-canal de la seizième travée,
revenues à 1.777 fr. 39.

Les travaux de l'ossature métallique ont été exéc
pendant les campagnes 1892, 1893 et 1894.

Le lançage de la première moitié de la poutre a
terminé le 11 février 1893, et le lançage de la deux
moitié, le 13 juillet 1893.

L'achèvement de l'ossature métallique a eu lie
15 avril 1894.

Les entrepreneurs Daydé et Pillé ont demandé
obtenu que les travaux de charpente et de chau
soient exécutés en régie. Ces travaux ont été exéc
en 1894.

Les portes de garde et de vannes de vidange ont
mises en place pendant cette même année.

Les quantités de dépenses du pont-canal, autres
celles de la substructure maçonnée, peuvent donc
résumer ainsi pour les 16 travées :

	OSSATURE MÉTALLIQUE	POIDS ou cubes	PRIX TOTAL	PRIX par mètre courant de pont-canal
Grand pont-canal de 15 travées sur la Loire	Aciers laminés, tôles embouties et striées	2.777.869^{k}	1.044.513^{fr},54	1.674,19
	Aciers coulés pour appuis, coins, etc	66.248	76.317 ,24	127,20
	Fers pour garde-corps, boulons, etc	66.480	45.589 ,15	75,99
	Fontes, bronze, plomb	78.868	24.374 ,18	40,63
	Caoutchouc	565	5.695 ,20	9,49
	Charpentes	48^{m3},291	5.215 ,43	8,69
	Asphaltes	»	24.896 ,42	41,49
	Chaussées	»	16.656 ,62	27,76
Petit pont-canal (16e travée) [illegible]ge de l'ancienne branche du canal latéral	Aciers laminés, tôles embouties et striées	54.031^{k}	19.593 ,24	1.749,39
	Aciers coulés pour appuis, coins, etc	812	935 ,88	83,56
	Fers pour garde-corps, boulons	5.847	8.366 ,26	746,98
	Fontes, plomb	2.432	760 ,46	67,90
	Charpentes	1^{m3},244	134 ,35	12,00
	Asphaltes	»	421 ,17	37,60
	Chaussées	»	281 ,77	25,16
			1.233.750^{fr},91	
Portes de garde			7.631 ,53	
Vannes de vidange			1.645 ,67	
	TOTAL		1 243.028^{fr},11	

Un ouvrage aussi considérable et aussi nouveau par ses dimensions devait être appelé à subir des épreuves exceptionnellement nombreuses et importantes avant d'être livré au public.

Or les dérivations reliant le pont-canal avec les canaux existants n'ont pas été prêtes à recevoir l'eau aussitôt que cette cuvette en acier. Il était bon néanmoins que ce grand ouvrage d'art ne constituât pas une sujétion lors du remplissage du nouveau bief. Aussi les premières épreuves eurent-elles lieu en remplissant d'eau, par un moyen artificiel, la bâche préalablement fermée à ses deux extrémités.

Il a été procédé, dans ces conditions, à deux épreuves successives :

La première, du 2 au 22 novembre 1894 avec remplissage par tranches successives de 0^{m},20 s'ajoutant, chaque

jour, et surcharge des trottoirs au moyen de sable à de 300 kilogrammes par mètre carré ;

La seconde, du 5 au 10 décembre 1894.

De plus, avant d'être livré à la circulation, ce pont avait supporté les tenues d'eau suivantes, lorsqu'au de l'année 1896 on put organiser complètement le plissage progressif du nouveau bief :

1° Du 1er juin 1896 au 12 juin 1896, tenue de 1 mètre . 1
2° Du 13 juin au 10 juillet 1896, tenue de $1^m,00$ à $1^m,80$. 2
3° Du 11 juillet au 16 juillet 1896, tenue de $1^m,80$..... 6
4° Du 12 septembre au 16 septembre 1896, tenue de $1^m,80$. 5

Si à ces onze jours de tenue supérieure à 1^m, ajoute les quinze jours pendant lesquels le pont avait supporté, lors des épreuves de 1894, un mo au moins égal, on arrive à un total de vingt-six jo tenue à $1^m,80$ ou au dessus, avant que les premier teaux de commerce ne se soient engagés sur cet ou

A partir du jour de la mise en exploitation du canal, cette tenue de $1^m,80$ fut maintenue pendant soi et un jours, du 16 septembre au 16 mai 1897, puis la de 2 mètres, atteinte le 1er juin et celle de 2^m, 1er juillet jusqu'au 18 juillet 1897.

Et, lorsque le mouillage définitif de $2^m,20$ fut réa 1er octobre 1897, il avait déjà été imposé au pont-c

Pendant 13 jours au cours des deux épreuves en 1894
— 18 — en 1897

Soit, au total, 31 jours.

On voit donc quelles garanties ont été réalisées, pour l'ouverture à l'exploitation du pont-canal à 1 soit pour la circulation des bateaux avec le mouillag $2^m,20$.

Il n'est pas sans intérêt de rapprocher les poids, charge comprise, du pont-canal avec travées de 40 m

de ceux des ponts de chemins de fer à deux voies avec les ouvertures usuelles de 75 mètres.

Considérons d'abord les poids par mètre courant : avec 4.982 kilogrammes d'acier, soit 5 tonnes en nombre rond, nous avons obtenu le maintien de :

$2^T,2$ de chaussées (un demi-mètre cube par mètre courant de trottoirs, soit un mètre cube par mètre courant de bâche) ;

$15^T,6$ d'eau à charge normale ; et, en outre, pendant deux jours pleins, une surcharge :

En eau, de..............	$0^T,4$	
Et sur les trottoirs, de ...	1 ,2	(4^{m2} à 300 kilog.)
Soit au total.........	$1^T,6$	

Chaque travée pesait donc, par mètre courant :

A charge normale : $5^T + 2^T,2 + 15^T,6 = 22^T,8$
Avec surcharge : $22^T,8 + 1^T,6 = 24^T,4$

et le pont n'est qu'à une seule voie de grands bateaux

Or un pont de chemin de fer à deux voies avec travée de 75 mètres, chiffre courant, pèse :

	Tonnes.	
Métal	6	(Voir Croizette-Desnoyers, Cours de l'École des Ponts et Chaussées.)
Surcharge roulante : Autrefois 7 tonnes (Circulaire de 1877), et actuellement ...	10	(Poids moyen par mètre courant du train-type défini par la circulaire du 29 août 1891.)
	16 tonnes	

c'est-à-dire que le poids d'un pont de chemin de fer à deux voies avec ses surcharges roulantes n'atteint que la moitié du poids du pont-canal à une voie de bateaux pour les types antérieurs à 1891. Cette proportion de la moitié est portée aux 2/3 pour les types postérieurs à 1891. En

dehors des moments où circulent les charges roulant poids du pont de chemin de fer en question n'est q quart environ du poids du canal mis en eau.

Considérons maintenant le poids par travée.

Avec 199 tonnes d'acier par travée nous avon supporter un poids de :

En chaussée...........	88 tonnes
En eau................	624 —
Soit au total...........	712 tonnes

Chaque travée à charge normale pèse donc :

$$199^{T} + 712^{T} = 911 \text{ tonnes} ;$$

mais, en outre, la surcharge par travée s'est élevée

En sable, à.......................	48 tonnes
En eau, à........................	16 —
TOTAL de la surcharge par travée.	64 tonnes

Chaque travée surchargée pesait donc :

$$911^{T} + 64^{T} = 975 \text{ tonnes},$$

soit 975.000 kilogrammes, et l'ensemble du pont en ch reposant sur ses appuis pèse, pour les 15 travées les 600 mètres existant sur la Loire, 14.625 tonnes nombres ronds.

Dans ces chiffres n'est pas comprise la seizième tr de 8^{m},20 seulement d'ouverture, établie pour le pass du nouveau canal sur l'ancienne branche du canal laté dite « Branche des Combles ».

Le tableau suivant résume les charges et les charges par mètre courant :

	CHARGE normale	SURCHARGE d'épreuve	TOTAUX
Acier	5^{T}	»	5^{T}
Chaussée	2 ,2	1^{T},2	3 ,4
Eau	15 ,6	0 ,4	16
TOTAUX	22^{T},8	1^{T},6	24^{T},4

Il peut être intéressant, en terminant, de comparer le nouveau pont-canal de Briare avec les trois autres grands ponts-canaux existant en France, ceux de Digoin, du Guétin situés dans notre service, primitivement construits pour le mouillage de 1^{m},60, puis transformés pour le mouillage de 2^{m},20, et celui d'Agen, sur le canal latéral à la Garonne, qui a un mouillage normal de 2^{m},25.

	AGEN	DIGOIN	LE GUÉTIN	BRIARE
Dimensions des arches ou travées	23 arches de 20^{m} d'ouverture	11 arches de 16^{m} d'ouverture	18 arches de 16^{m} d'ouverture	15 travées de 40^{m} d'ouverture
Ouverture totale libre	460 mètres	176 mètres	228 mètres	556 mètres
Distance entre culées	539^{m},20	209	343^{m},06	598
Longueur totale entre les extrémités des parapets	579 ,65	243,30	470 ,36 (y compris les 2 écluses accolées)	662,69
Largeur de la cuvette au niveau du halage	8 ,28	6,118	6 ,03	7,25
Largeur des chemins de halage	2 ,10	2,00	1 ,65	2,50
Largeur totale entre les parapets ou garde-corps	12 ,48	10,118	9 ,33	11,50
Mouillage dans la cuvette	2 ,25	2,20	2 ,20	2,20
Section mouillée de la cuvette	17^{m2},62	12^{m2},89	13^{m2},27	15^{m2},60
Section mouillée d'un bateau	10^{m2},73 (bateau de 5^{m},80 de largeur et de 1^{m},85 d'enfoncem[t])	9^{m2},00 (bateau de 5^{m},00 de largeur et de 1^{m},80 d'enfoncem[t])	9^{m2},00 (bateau de 5^{m},00 de largeur et de 1^{m},80 d'enfoncem[t])	9^{m2},00 (bateau de 5^{m},00 de largeur et de 1^{m},80 d'enfoncem[t])
Rapport de la section mouillée d'un bateau défini plus haut et de la cuvette	$\frac{10^{m2},73}{17^{m2},62} = 0^{m},61$	$\frac{9^{m2},00}{12^{m2},89} = 0^{m},70$	$\frac{9^{m2},00}{13^{m2},27} = 0^{m},68$	$\frac{9^{m2},00}{15^{m2},60} = 0^{m},58$

CHAPITRE V.

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE.

Le pont-canal livre passage à une moyenne journal de 27 à 30 bateaux circulant dans les deux sens. passage dans chaque sens est réparti par périodes trois heures ainsi distribuées :

De 3 heures du matin à 6 heures, de Nevers Paris ;

De 6 heures du matin à 9 heures, de Paris Nevers ;

De 9 heures du matin à midi, de Nevers vers P

De midi à 3 heures du soir, de Paris vers Nevers;

De 3 heures du soir à 6 heures, de Nevers Paris ;

De 6 heures du soir à 9 heures, de Paris vers Ne

L'expérience a prouvé que ce régime était satisfai à tous les points de vue et qu'il n'imposait aucun re sérieux aux bateaux.

Mais, pour qu'il en soit ainsi en toute saison, il f que le pont-canal fût éclairé.

Le mode d'éclairage le mieux approprié à ce cas l'éclairage électrique. En effet, d'une part, on dispo entre le plan d'eau du nouveau bief et celui de l'ancie branche du canal, d'une chute de 7^{m},94 et, par s d'une force motrice importante utilisable au moyen d machine hydraulique et, d'autre part, il s'agissait d'a à une grande hauteur au-dessus d'un fleuve très la une lumière fixe non susceptible de vaciller et de s'étei sous l'action du vent.

L'éclairage au gaz semblait, du reste, plus onéreu

on comparait, dans les deux cas, le total des charges annuelles correspondant :

1° A l'intérêt du capital de premier établissement;

2° Aux frais annuels nécessaires pour la production de la lumière.

Enfin l'éclairage électrique avait l'avantage d'être indépendant de la Municipalité et entièrement dans la main de l'Administration.

L'important était que le débit nécessaire pour actionner les moteurs hydrauliques ne produisît pas dans la cuvette du pont-canal un courant de nature à nuire à la marche des bateaux.

Or, comme on le verra plus loin, l'éclairage électrique est assuré par deux turbines dont chacune, en pleine marche, débitera par seconde : 190 litres, soit ensemble 380 litres.

Le nouveau bief étant un bief de hauteur minimum sur le profil en long général de la voie navigable, on peut admettre que la moitié de ce débit, soit 190 litres, vient par le pont-canal. C'est sur la section rétrécie qu'il convient d'étudier les effets des courants d'eau.

La section mouillée dans la bâche étant de $15^{m2},60$, le courant correspondant aurait une vitesse de $0^{m},012$ par seconde.

Or, au Guétin, d'après des études très consciencieuses de M. l'Ingénieur Renardier, la vitesse de marche des bateaux, dans une cuvette de $5^{m},20$ de largeur seulement et de $1^{m},60$ de mouillage est de $0^{m},12$, pour des bateaux ayant un tirant d'eau de $1^{m},35$, ou plutôt, en fait, de $1^{m},40$.

Déjà, pour le même pont-canal du Guétin, M. Renardier avait trouvé que la vitesse pourrait, avec un mouillage de $2^{m},20$ et des bateaux ayant $1^{m},80$ de tirant d'eau, être portée à $0^{m},28$.

Or, dans une bâche de 7 mètres de largeur entre

poutres maitresses et ayant 2^{m},20 de mouillage, co
celle de Briare, la vitesse moyenne est certaine
très supérieure à 0^{m},12 et probablement égale à 0^{m},3

Donc un courant de 0^{m},012 ne saurait nuire à la m
des bateaux, et c'est bien, en effet, ce que l'expérie
confirmé.

Le système qui réalise, de la manière la plus comp
la condition si essentielle de l'éclairage est celui
lampes à incandescence du type courant de 16 bo
aussi multipliées que possible.

On en a établi une tous les 20 mètres de chaque
du pont-canal, et sur les culées, à chacun des q
angles extrêmes de l'ouvrage, on a établi des pila
supportant, par l'intermédiaire de rostres, deux foye
lampes, soit 4 lampes par pilastre.

Si on ajoute, pour le petit pont-canal sur le bief
Combles, deux lampes, on arrive, pour l'ouvrage pr
ment dit, aux chiffres suivants :

Aux pilastres d'angle 4 × 4..................	16
Pour les 16 travées du pont-canal............	64
TOTAL....................	80

De plus, on a pu, grâce à l'énergie disponible, éte
cet éclairage :

1° Aux deux parties du bief où les bateaux station
en attendant le passage sur l'ouvrage, savoir :

Du côté qui comprend le nouveau port de Briare:

12 lampes réparties sur 470 mètres ;

Du côté opposé :

12 lampes réparties sur 259 mètres.

Il suit de là que l'éclairage électrique s'étend sur
longueur totale du nouveau bief de 1.391 mètres, où l'
rencontre 104 lampes.

A ce nombre on a pu encore ajouter :

Pour l'intérieur de chacun des bureaux et des bâtiments d'exploitation du pont-canal..............	13 lampes
Pour le bâtiment des machines....................	5
Soit....................	18 lampes

accessoires et, en tout, 122 lampes essentielles à l'exploitation.

Nous ne mentionnerons que pour mémoire une ligne connexe reliant les bureaux des travaux neufs à l'usine électrique, d'une longueur de 800 mètres et actionnant 9 autres lampes supplémentaires.

Mais, en se basant seulement sur le service normal, on peut compter 122 lampes de 16 bougies qui absorbent une énergie de 3 watts et demi par bougie, soit 56 watts par foyer et, en tout, 6.832 watts.

Du tableau de distribution du courant partent deux artères principales de distribution, aller et retour, pour chacun des deux côtés du pont. Ces artères sont constituées par des câbles de 25 millimètres carrés de section et aboutissent à peu près au milieu du pont-canal.

De là, d'autres câbles ou fils conduisent le courant principal jusqu'aux extrémités définies dans la description précédente avec des sections décroissantes, jusqu'à aboutir à des fils de 3 ou 4 millimètres de diamètre.

Du courant principal part, vis-à-vis chacun des candélabres supportant les lampes, une dérivation qui suit l'axe vertical du support et alimente la lampe correspondante.

Grâce à cette disposition et au système d'excitation compound des dynamos, l'éclairage fonctionne à potentiel constant et à intensité variable quand le nombre des lampes allumées varie.

La dérivation pour les lampes disposées sur le pont-canal au-dessus des candélabres a une longueur de

12 mètres environ et est constituée avec un fil de 1
limètre de diamètre enveloppé de tresse.

Pour les lampes des maisons disposées dans des
en encorbellements, la dérivation a 6 mètres de
environ, un fil nu de $0^m,002$ de diamètre, continué pa
fil de $1^{mm},1$ de diamètre sous tresse.

Dans ces conditions, la perte de charge en ligne
être évaluée environ à la proportion usuelle de 10
et l'énergie totale nécessaire aux bornes de la dy
serait de 7.515 watts.

La puissance nécessaire sera donc en chevaux-vap

$$\frac{7.515}{75 \times 9.808} = 10,2 \text{ chevaux}$$

sans tenir compte du rendement de la dynamo.

Si l'on admet pour ce rendement le coefficient
de $0^m,80$, la turbine qui fait mouvoir cette dynamo de
avoir une puissance de :

$$10,2 \times \frac{100}{80} = 12,75 \text{ chevaux-vapeur.}$$

Or la différence de niveau entre les deux bief
canal latéral qui se croisent au droit de la seizième
vée du pont-canal ($137^m,50$ et $129^m,56$) étant de 7^m
le débit théorique de la turbine en litres, par seco
pour obtenir 12,75 chevaux-vapeur, sera donné par l'é
tion :

$$12,75 \times 75 = 7,94 \times Q,$$

dont les deux membres représentent le travail nécess
évalué en kilogrammètres sur l'arbre de la turbine.

En admettant un rendement de $0^m,80$ pour la turb
le débit nécessaire serait de :

$$Q = \frac{12,75 \times 75}{7,94 \times 0,80} = 150 \text{ litres.}$$

Ce débit est notablement inférieur au débit de 190 litres par turbine, qui a été reconnu admissible au point de vue des effets, sur la navigation, des courants d'eau dans la cuvette.

Ainsi, c'est par précaution et en vue d'une extension possible du réseau d'éclairage, extension réalisée d'ailleurs en partie par la ligne connexe des bureaux de travaux neufs, qu'on est allé, pour chaque turbine, jusqu'au débit de 190 litres par seconde avec la chute de 7^{m},94.

Avec ce débit, le type de dynamo que le service a choisi, et qui a été fourni par la maison Sautter et Harlé, peut assurer un régime maximum de 70 ampères sur 140 watts, soit 9.800 watts.

On voit donc qu'il reste un écart important de 2.285 watts entre la puissance électrique dont on dispose avec chaque dynamo, et la puissance électrique nécessaire pour assurer le service de l'éclairage tel que nous l'avons défini.

Au sujet du mécanisme, nous n'avons à noter, comme particularité, que l'emploi d'une turbine à grande vitesse actionnant directement l'induit en tambour et faisant de 580 à 660 tours par minute.

On réalise ainsi une économie de force motrice par la suppression des transmissions, et on assure une régularité de mouvement aussi grande que possible, qui se traduit par une régularité équivalente dans l'éclairage.

Bien qu'une seule des turbines et sa dynamo puissent suffire, comme on vient de le voir, pour assurer le service de l'éclairage, une seconde série de machines analogues (turbine et dynamo) a été disposée à titre de rechange.

Les pilastres d'angle sont établis de manière à ce qu'en circulant dans le sens de Paris, vers le sud, on rencontre, en arrivant au pont-canal :

1° Sur le pilastre de droite :

Les armes de Nevers et les inscriptions suivantes:

Saint-Satur
Givry | Nevers
Decize

2° Sur le pilastre de gauche :
Les armes de Roanne et les inscriptions suivantes:

Digoin
Roanne | Lyon
Châlon-sur-Saône

En parcourant le pont-canal en sens inverse, on r
contre :
1° Sur le pilastre de droite:
Les armes de Montargis et les inscriptions suivant

Montargis
Nemours | Melun
Saint-Mammès

2° Sur le pilastre de gauche:
Les armes de Paris et les inscriptions suivantes:

Villeneuve-Saint-Georges
Corbeil | Paris
Port-à-l'Anglais.

Il était bien juste de donner un souvenir sur ce gr ouvrage aux villes du Centre qu'il rapproche commer lement de Paris, notamment Nevers, où les études été faites, et Roanne, grand port terminus d'une li navigable de 444 kilomètres depuis Paris, dont l'influe a tant contribué à obtenir l'amélioration des grandes lig de navigation du Centre.

Le premier des résultats obtenus a été précisément construction du pont-canal, c'est-à-dire la suppress de ce fâcheux obstacle du passage en Loire qui sép rait, d'une manière regrettable, Roanne et tout le rése

navigable du centre de la partie de ce réseau située au nord de Briare.

Les frais d'installation de l'éclairage électrique peuvent se résumer ainsi :

1° Bâtiments et conduites d'eau.

Bâtiments des machines	16.822f,58
Conduites d'amenée des eaux, puisard des turbines et conduites d'évacuation des eaux	10.530 ,12
Pilastres, porte-lumière — Maçonnerie et bornes	14.520 ,00
Pilastres, porte-lumière — Motifs d'ornementation en fonte	9.752 ,00

2° Machines et distribution d'électricité.

Turbines et dynamos : chacune 5.100 francs ; pour les deux	10.200 ,00
Tableau de distribution avec parafoudre	3.800 ,00
Candélabres isolés : l'un 131 francs (sur terre) et 101 francs (sur le pont), et pour 17 (sur terre) et 64 (sur le pont)	8.691 ,00
Candélabres en applique au mur : l'un 45 francs, et pour 3	135 ,00
Lanternes rondes des rostres : l'une 73f,50, et pour 8.	588 ,00
Lampes de 16 bougies : l'une 1f,035, et pour 250	258 ,75
Canalisation électrique	7.300 ,00
TOTAL GÉNÉRAL	82.597f,45

Les travaux de l'éclairage électrique ont été exécutés dans les années 1895 et 1896.

RÉCAPITULATION DES DÉPENSES RELATIVES AU PONT-CANAL.

Si l'on récapitule les dépenses relatives au pont-canal et si on les ramène à l'unité de longueur pour l'ensemble des 16 travées et de la longueur totale de l'ouvrage 662m,69, on arrive aux résultats suivants :

	Dépenses totales.	Dépenses par mètre c[arré] de l'eau[...]
Fondations	1.004.161f,92	1.515
Substructure maçonnée	419.073 ,79	632
Ossature métallique	1.191.494 ,93	1.797
Asphaltage et chaussée de halage	42.255 ,98	64
Portes de garde et vannes de vidange	9.277 ,20	14
TOTAL	2.666.263f,82	4.022
Éclairage électrique ; dépenses complémentaires :		
Usines, moteurs, éclairage du pont et de ses abords	30.972 ,75	47
Bâtiments d'exploitation et travaux aux abords de la culée droite (quarts de cône, portes de garde dans l'ancienne branche des Combles, etc.)	167.289 ,35	252
TOTAL GÉNÉRAL pour l'ouvrage et ses abords immédiats	2.864.525f,92	4.321

Ces travaux ont exigé 5 campagnes de 1890 à [...] inclus. Comme on l'a vu, à la fin de 1894, le pont-c[...] de Briare était en état de recevoir son mouillage no[...] et l'a supporté, en effet, avec un plein succès lors [...] épreuves. Le problème des travées de 40 mètres [...] canal de navigation intérieure à grande section [...] male, en usage sur tous les canaux des Pays-Bas et [...] l'Allemagne, et sur les principaux canaux français, s'[...] trouvé résolu et expérimenté dès ce moment, c'est-à-[...] il y a trois ans et demi.

CHAPITRE VI.

DÉRIVATION DE RIVE DROITE.

La dérivation de rive droite comprend une longueur totale de 2.573 mètres ainsi répartie :

Construction de la cuvette rattachée aux bâtiments d'exploitation et aux travaux du pont-canal	$43^{m},00$
Entreprise du 6e lot, depuis l'extrémité de la partie précédente du canal jusqu'au raccordement de l'axe du nouveau bief avec le canal de Briare à 204 mètres en amont de l'écluse de la Cognardière, dans le bief de ce nom..	2.530 ,00
TOTAL comme ci-dessus.................	$2.573^{m},00$

Sur cette dérivation on rencontre d'abord le nouveau port de Briare.

Ce port, qui a une superficie totale de 10.080 mètres carrés en eau, comprend un quai vertical de $311^{m},50$ de développement et une superficie de terre-pleins de 8.540 mètres carrés.

C'est du côté opposé au quai que se trouve l'usine élévatoire qui prend l'eau dans la Loire en amont du pont-canal pour la refouler jusqu'aux étangs du bief de partage du canal de Briare. Cette usine possède un petit port particulier qui communique avec le grand port public. Un pont tournant assure la continuité du halage au point de jonction du port de l'usine avec le grand port.

Au-delà du port de Briare, la dérivation devait éviter de se jeter ou à gauche, en pleine ville de Briare, ou à droite, au-delà du cimetière, dans un coteau qu'il eût fallu passer soit en très forte tranchée, soit en souter-

rain. On a donc passé entre la ville et le cimetière, écornant les deux.

En ce point, la cuvette, pour réduire à tout prix l'assiette du canal sans nuire à ses conditions de navigabilité, est limitée sur environ 75 mètres de longueur par deux murs droits qui laissent entre eux une passe de 11 mètres, immédiatement après avoir franchi la route Nationale.

Il n'en a pas moins fallu déplacer 70 tombes, et en particulier des tombes militaires allemandes. L'intervention de la Municipalité de Briare en fonction à ce moment a évité au Service toutes les difficultés inhérentes à ces délicates opérations. De son côté, le Service a largement pris à sa charge tous les frais nécessaires pour que les familles intéressées n'aient aucun sujet de se plaindre. Notamment, toutes les concessions ont été remplacées aux frais de notre Service.

Au reste, c'était la seconde fois que le champ de repos de Briare était rescindé. Il l'avait été une première fois au XVIIIe siècle, lors de la construction de la route Nationale n° 7, qui avait recoupé le cimetière à l'ouest comme le nouveau canal vient de le recouper au nord. Nous avons retrouvé des traces de nombreuses sépultures dans les terrains dépendants de l'ancien cimetière, séparés de lui et désaffectés depuis la construction de la route. On a procédé aussi respectueusement pour ces sépultures auxquelles personne ne s'intéressait plus depuis un siècle que pour toutes les autres.

Au-dessous des deux parties du cimetière de Briare qui ont été atteintes par les excavations du nouveau canal, on a fait de curieuses et importantes découvertes de poteries romaines et autres vestiges de l'état de choses antérieur au Ve siècle.

C'est également en ce point que le nouveau bief passe sous la route Nationale n° 7 au moyen d'un pont métallique

lique pour deux voies de bateaux et deux voies charretières..

Plus loin, la déviation rencontre la ligne du Bourbonnais sous laquelle on a dû également construire un ouvrage encore plus important pour le passage du nouveau canal (deux voies de chemin de fer et deux voies de bateaux).

La ligne ferrée avait été déviée sur une longueur d'environ 300 mètres et l'assiette du chemin de fer abandonnée provisoirement pendant que les trains circulaient sur la ligne déviée. Notre service a pu alors établir, conformément aux types usuels de la Compagnie P.-L.-M. mis à notre disposition pour la circonstance, toute l'infrastructure d'un passage supérieur au canal ayant 20 mètres d'ouvèrture, $8^{m},40$ entre les poutres de tête et réservant une passe marinière de 15 mètres.

Pour l'ensemble de ces travaux, notre Service a exécuté l'infrastructure, et la Compagnie P.-L.-M. la superstructure. Et même la Compagnie, n'ayant pas à proximité une provision suffisante de pierres cassées, nous a demandé de lui fournir et de mettre en place sur les voies de la déviation provisoire le cube nécessaire au ballastage de cette déviation.

Nous avions précisément en approvisionnement aux abords les pierres cassées destinées aux déviations des chemins. Ces pierres, après avoir été employées comme ballast dans la déviation, nous ont été rendues une fois la circulation rétablie suivant l'assiette normale de la ligne, et elles ont pu être employées, à un faible déchet près, à leur destination primitive.

C'est là une preuve de plus de l'identité des conditions nécessaires pour le ballast en pierres cassées et pour les matériaux destinés à l'empierrement des chaussées.

La circulation sur la déviation provisoire a commencé le 21 mars 1892 et duré jusqu'au 15 décembre suivant, date à laquelle elle a été établie sur l'ouvrage définitif.

passerelle. Dans le cas de transit le halage rest
même côté des deux canaux au point de leur joncti
question ne se posait que pour les bateaux à desti
de l'ancien port de Briare et de l'ancienne branc
canal, et encore seulement pour ceux de ces batea
sont halés par des animaux. Il suffit, d'ailleurs, d'a
les mariniers par une plaque indicatrice au passage
rieur précédent, en venant de Paris, qu'ils aient à a
le halage de l'autre côté du canal de Briare.

La nouvelle dérivation et le bief du canal de B
étaient destinés à recevoir le mouillage de 2m,20,
l'écluse de la Cognardière n'étant pas encore rem
le mouillage de 2m,20 ne donne qu'une hauteur de 2 m
au-dessus du busc de cette écluse.

La tenue de 1m,80 au nouveau bief ne donne
suite, que 1m,60 sur ce même busc amont.

Il y avait intérêt à assurer les deux tenues de 1
sur le nouveau bief et de 1m,60 sur le busc de l'éclu
la Cognardière, lors de l'ouverture à l'exploitatio
nouveau bief, afin que, dans la direction de l'anc
branche du canal de Briare, les bateaux puissent
jours trouver un mouillage au moins équivalent à
dont ils jouissaient précédemment dans la directio
l'ancien tracé du canal latéral.

De la sorte, on leur offrait le choix entre cet a
tracé, maintenu dans les mêmes conditions, et le
sage par le nouveau bief, tandis que, si l'on n'
donné à ce nouveau bief que la tenue de 1m,60, ce q
pouvait être tenté de faire par mesure de prude
attendu que cette tenue de 1m,60 n'était pas encore
passée d'une manière continue sur le canal latéral
1896, on n'avait plus alors que 1m,40 sur le busc de l'éc
de la Cognardière. Cela équivalait à peu près à fer
l'ancien tracé et à forcer le passage par le nouveau b
D'où une responsabilité morale beaucoup plus consi

rable pour le service de la navigation dans le second cas que dans le premier.

Telles sont les considérations qui ont motivé l'ouverture du pont-canal à la circulation à la tenue de 1^{m},80, tenue qui n'a, du reste, été maintenue que pendant la première année d'exploitation et qui a fait place, un an après, à la tenue définitive de 2^{m},20.

Les terrains dans lesquels la dérivation a été construite étaient ou rocheux ou constitués de sables siliceux mélangés de cailloux de silex, c'est-à-dire également mauvais au point de vue de l'étanchéité et de la stabilité sous l'action des eaux.

Tous les terrassements ont été exécutés par couches de 0^{m},20 bien pilonnées; mais cette précaution usuelle en matière de remblais de canaux neufs n'a pas suffi à leur assurer de suite au contact des eaux l'étanchéité et la stabililité nécessaires, surtout à raison de la hauteur de la cuvette au-dessus du sol naturel.

Ainsi, les cotes sur l'axe accusent, dans toute la traversée de la vallée de la Trézée, 2 mètres en moyenne au-dessous du plafond. Sur bien des points, la plate-forme des digues s'élève jusqu'à 5^{m},60 de hauteur au-dessus de la cote du sol naturel au pied du talus du remblai.

Aussi, à la suite de divers essais infructueux de mise en eau, a-t-il fallu recourir à tout un système d'étanchement et de consolidation pour réaliser, sans trop de retard, le mouillage de 1^{m},80 nécessaire pour l'ouverture du nouveau bief à la circulation et, plus tard, le mouillage de 2^{m},20.

Sur certains points il a fallu disposer, sous le plafond de la cuvette, un bétonnage de 0^{m},13 surmonté d'une chape de 0^{m},02 et d'une couche de terre de 0^{m},20, ce qui correspond à une fouille de 0^{m},35 de profondeur totale.

Les talus ont été recouverts sur toute leur hauteur de perrés à mortier de 0^{m},30 d'épaisseur.

Les cassures de ces pierres ont été suivies et rép
successivement jusqu'à ce que les tassements aien
tièrement cessé et que la cuvette ait pris une sta
complète.

Dans certains autres cas il a suffi de perreyer
talus d'après le système qui vient d'être décrit.

Ces revêtements intérieurs de la cuvette ont eu
effet de ne plus laisser arriver aux digues en remb
de ne plus laisser passer à travers ces digues q
faible quantité d'eau. Nous sommes arrivés à cette
clusion qu'au point de vue de l'étanchéité des p
le rejointoiement des perrés au ciment, de préférence
chaux hydraulique, était fort utile et donnait d'ex
lents résultats.

De plus, l'eau qui pouvait encore être entraînée
vers les digues a été drainée par des saignées rem
de pierres sèches et recueillie dans des fossés d'éc
ment.

On a également augmenté la stabilité des digues
leur donnant plus de masse, en augmentant les di
sions de leur profil. Le principe admis a été de dis
une risberme de 3 mètres de largeur à l'extérieur d
digue et à un niveau de 0m,50 plus élevé que le pl
du canal, de manière à ce qu'après tout tassement c
risberme fût au moins au niveau du plafond et, au-de
cette plate-forme, du côté extérieur, on a contin
talus avec son inclinaison habituelle de 3 de base po
de hauteur.

En fait, les déblais en excès provenant des fo
de bétonnage, perrés et drains, ont permis d'augme
ces dimensions.

L'expérience a démontré que ces dimensions combi
avec les revêtements intérieurs aussi étanches que p
sible et les drainages extérieurs assuraient la stabi
Mais, pour des canaux ayant un grand relief sur c

ns points au-dessus du sol naturel, elles sont loin d'être ıgérées.

)n a objecté contre l'emploi des perrés à mortier nme revêtement de talus formés par des terres en nblai les inconvénients des tassements et de la dislo-ion. Mais on peut répondre qu'il convient :

.° De n'effectuer ces revêtements que sur des terras-ıents pilonnés pour couches de $0^m,20$ qui, de plus, ont sé deux hivers et où, par suite, le principal tassement fait ;

!° D'exécuter la maçonnerie sur des talus dressés par oupes dans les corps des remblais.

Iême avec ces précautions on n'évitera pas quelques sements ultérieurs et des fissures, mais cela sera encore férable aux perrés à sec où chaque joint est une fissure.

.es perrés à sec à l'intérieur de la cuvette ne peuvent vir que pour protéger la surface des talus contre les ;radations superficielles ; ils n'ajoutent presque rien à stabilité et rien à l'étanchéité des digues.

Nous pouvons même citer un cas où il y avait nécessité recourir aux perrés à mortier, bien qu'on pût craindre graves dislocations : c'était la digue nouvellement re-ıstruite dans le bassin de virement établi à la jonction la Cognardière, entre le bief de ce nom et le bief neuf. Il fallait que le canal de Briare fût remis en eau rapi-ment à pleine tenue, après le chômage, en appuyant eaux contre la digue neuve. On avait effectué le revê-nent du talus de cette digue, exécutée pendant le court lai du chômage, avec un perré à mortier que l'on vait devoir être disloqué et qui l'a été, en effet, mais n moins d'ailleurs qu'on ne l'aurait cru. Or, si nous ions négligé de disposer ce revêtement à l'intérieur de cuvette, les filtrations déjà considérables, que nous ons eu à drainer du côté extérieur de la digue nouvelle, ise en charge sans délai, eussent acquis bien plus d'im-

portance et auraient pu compromettre l'existence mê
la digue. On a d'ailleurs dû la renforcer par une risbe

Au chômage suivant on a repris le perré ; on a c
plété les revêtements intérieurs par un bétonnag
plafond et, depuis ce moment, les digues neuves du
sin de virement n'ont plus donné aucune inquiétude.

La construction de la dérivation de rive droite, ex
tée avant l'ouverture à la circulation du nouveau bief,
se résumer ainsi comme quantités et comme dépens

	Dépenses partielles	Dép tot
I.		
Acquisitions de terrains................	184.990f,57	
Dommages..........................	21.965 74	
		206.9
II. — *Travaux.*		
Entreprise du 6e lot :		
Terrassements de l'entreprise..........	185.861 18	
Chaussées............................	16.202 64	
Ouvrages d'art :		
Maçonneries..........................	234.739 08	
Tabliers métalliques..................	121.089 46	
		557.8
Travaux d'étanchement et de consolidation des digues :		
Terrassements........................	42.174 10	
Maçonneries..........................	73.543 69	
		115.71
Portes de garde de la Trézée....................		14.37
Total..........................		894.9

Le nombre de mètres cubes de terrassements par m
courant de canal s'est élevé à 72 mètres cubes.

Les travaux de la porte de garde du passage de l
neau, exécutés seulement au chômage 1897, se sont éle
à 38.000 francs.

Et il faut encore ajouter à ces dépenses les trav
d'étanchement exécutés même dans la partie de la c

vette située en déblai et les travaux de drainage de la ville de Briare.

La nouvelle déviation ayant été mise en service à la suite de l'été et de l'automne de 1896, exceptionnellement pluvieux, a été, en effet, accusée d'être la cause de la surélévation de la nappe souterraine des eaux dans la ville par un relèvement de cette nappe de $0^m,50$ en moyenne (de 3 mètres à $2^m,50$ au-dessous du sol naturel). D'où invasion des caves par l'eau de cette même hauteur moyenne de $0^m,50$, les extrêmes variant de 0 à $0^m,90$ dans les caves les plus profondes.

Il n'est cependant rien moins que prouvé que la nouvelle déviation fût la cause unique du mal.

Au mois de juillet, lors des premiers remplissages à grande tenue, quelques caves dans le voisinage immédiat du nouveau bief furent inondées, et quelques puits détériorés. Mais les filtrations s'arrêtèrent dans ce quartier assez rapidement, et il était indemne lors du remplissage définitif en septembre.

Le remplissage définitif à $1^m,80$ s'est terminé le 11 septembre 1896.

L'ouverture du bief à la circulation a eu lieu le 16 septembre, en vertu d'une décision du 12 septembre. Mais cette ouverture coïncidait avec une année exceptionnellement pluvieuse.

Ainsi, de juin 1895 à mars 1896, il est tombé une hauteur de pluie de 78 millimètres contre une moyenne de 40 millimètres pendant les années précédentes.

Vers le 29 octobre, c'est-à-dire cinquante-cinq jours après le remplissage à tenue définitive, l'eau apparut dans les caves, non pas près du nouveau bief, mais fort loin de ce bief, dans toute la partie basse de la ville et jusque dans le voisinage immédiat de l'ancien canal : le canal de Briare. La population, dont les intérêts locaux étaient favorables à la circulation par l'ancien tracé, ne demandait

qu'à trouver des objections contre la mise en servic
nouveau bief. On parla des inondations de Briare co
si les eaux s'étaient répandues sur le sol naturel, on
leva la question de salubrité, on déclara que toute
fosses d'aisance étaient atteintes, que tous les puits ét
contaminés, qu'une épidémie était imminente à Bri
On en conclut qu'il fallait de suite vider entièreme
nouveau bief.

Ce n'était pourtant pas le moyen sûr et rapide d'am
rer la situation.

D'abord on pouvait se tromper sur les causes, et da
cas la vidange du nouveau bief n'aurait été d'aucune u

Mais ce nouveau bief eût-il été la cause princip
mal qu'il eût encore fallu considérer que les eaux so
raines avaient mis cinquante-cinq jours pour traver
ou 400 mètres de distance horizontale et apparaîtr
les caves et qu'il faudrait un délai analogue avant q
dernières filtrations ayant pris ce chemin aient pu ci
depuis la cuvette nouvelle jusqu'aux caves atteint
encore cela suppose-t-il que les eaux accumulées da
fond des caves pussent s'écouler facilement. Or il
était rien, car la hauteur des eaux de la Loire m
obstacle à toute évacuation rapide et facile de ces e
La pente manquait.

Dans ces conditions, la seule solution pratique pou
amener un résultat décisif à aussi bref délai que poss
était un drainage rationnellement établi du sous-sol
ville. Il fallait recueillir les eaux provenant des
coteaux et du plafond de la vallée en amont de la L
et les évacuer vers ce fleuve avec la moindre pert
charge et aussi complètement que le permettait la f
hauteur disponible pour assurer cet écoulement.

Pour se rendre compte de ces conditions rationn
du drainage du sous-sol de Briare, il faut remarquer
lors de la construction du canal de Briare au XVII[e] siè

sur le flanc droit de la vallée de la Trézée, on a rejeté la rivière dans les biefs de ce canal, biefs étagés au pied des coteaux de ce flanc droit.

Un dernier barrage mobile de $1^{m},85$ de chute situé près de l'embouchure du canal de Briare, dans la Loire, permet aux eaux de la rivière de se rendre également au fleuve en cas de crue sans passer par l'écluse d'entrée en Loire.

On a donc, lors de la construction du canal de Briare, détourné les eaux de leur écoulement naturel suivant le thalweg. Ce détournement devient absolument complet à partir d'un profil en travers de la vallée qui coïncide précisément avec la ligne du Bourbonnais.

A la suite des pluies exceptionnelles de l'année 1896, la nature a repris ses droits, et la nappe d'eau souterraine, plus fortement alimentée que jamais et ne trouvant qu'un écoulement difficile vers la Loire, en raison de la hauteur du fleuve, s'est relevée dans la ville de Briare, dans la région voisine du thalweg géographique, aussi bien d'un côté de ce thalweg que de l'autre et jusqu'à 30 mètres de l'ancien canal, tandis qu'en ce dernier point on était à 400 mètres environ du nouveau bief.

L'Administration, en présence de l'émotion populaire, a pris rapidement un parti énergique. Elle estima qu'il ne s'agissait pas de discuter d'où venaient les eaux et à qui incombaient les responsabilités, mais qu'il fallait les enlever de suite et à ses frais, qu'il fallait agir et non pas plaider.

Le drainage, exécuté en vertu de ce principe et d'après les bases que nous venons de rappeler, a consisté à rétablir, au moins souterrainement, un cours d'eau dans le thalweg, sauf à dévier son tracé un peu avant l'arrivée à la Loire pour faire passer le drain sous l'aqueduc du canal latéral à proximité du fleuve, vis-à-vis le plafond de la vallée secondaire.

Puis, à partir de l'hôtel de ville, à l'origine amont de ce drain principal, on a poussé deux branches : l'une du côté

du versant droit de la vallée de la Trézée, l'autre du c
du versant gauche, pour recueillir les eaux provenant
chacun de ces deux versants en amont de la ville et
amener dans le drain principal.

Nous avons poussé le drain du versant droit jusque d
le voisinage immédiat du canal de Briare et recueilli
eaux qui provenaient incontestablement de ce canal
plutôt de la Trézée canalisée dans la cuvette de ce ca

Ces eaux souterraines étaient évidemment appelé
diminuer au printemps de 1897, après l'expiration d
période pluvieuse, et c'est bien ce qui est arrivé,
dans une proportion inattendue et variable selon le
sant de la vallée.

Les eaux ont fini par ne plus venir au mois de
dernier que du versant droit, c'est-à-dire du côté du c
de Briare. Il a bien fallu que la population de Briare
clinât devant ces faits.

En dernier lieu, au chômage de 1897, on a exécuté
travaux d'étanchement dans toute la partie de la dériva
située à proximité de Briare, bien que cette partie
canal fût complètement en déblai.

Grâce à ces travaux, il ne peut plus venir qu'une q
tité d'eau insignifiante du canal neuf dans le sous-sol
la ville, et le peu d'eau de cette provenance qui y arri
rait serait facilement évacué par les drains.

Ce sont surtout les eaux souterraines propres à la va
de la Trézée qui s'écouleront à l'avenir par ces drains
ont été conçus et exécutés dans le but de les évacuer.

Deux autres incidents curieux, au sujet du rôle du
neuf sur la rive droite, méritent d'être cités.

Lors de deux crues exceptionnelles de la Trézée,
eaux se sont surélevées à un niveau anormal, p
de 2m.50 dans le bief de la Cognardière qui reçoit
eaux et constitue une sorte de rivière canalisée. En p
sence du danger de rupture des digues et de l'insuffisan

des moyens d'évacuation des eaux par les biefs inférieurs du canal de Briare, notre service a dirigé une notable partie des eaux du bief de la Cognardière dans le bief neuf au moyen de l'ouverture des vannes ménagées dans les portes de garde, et il a assuré l'évacuation rapide des eaux dans la Loire et dans l'ancienne branche du canal latéral par les six vannes de la culée droite du grand pont-canal, de manière à éviter toute surélévation anormale d'eau dans cet ouvrage.

Le courant ainsi créé dans la dérivation de rive droite pouvait être dangereux pour une cuvette neuve où tous les travaux de revêtements intérieurs n'étaient pas encore complètement exécutés.

Mais ce danger était moindre que le danger de rupture des digues du bief de la Cognardière sous une charge anormale. Le premier de ces deux dangers n'était qu'éventuel et on pouvait prévoir, par une surveillance active et minutieuse, quand il deviendrait pressant ; le second danger était, au contraire, imminent. Il y avait donc lieu de tenter l'opération. Cette opération a, d'ailleurs, parfaitement réussi.

On a pu ainsi détourner de Briare, au moyen du nouveau bief, une partie importante des crues de la Trézée qui auraient pu causer dans cette ville non plus de simples relèvements de la nappe souterraine, mais bien de véritables inondations.

Ce rôle bienfaisant du nouveau bief, par rapport à la ville de Briare, pourra encore se renouveler à l'avenir et il y a lieu de penser qu'il finira par être apprécié à sa véritable valeur.

Depuis lors, la situation est restée absolument satisfaisante.

Actuellement le Service du canal entretient et administre toute une série d'ouvrages d'assainissement du sous-sol de Briare, et le Service les remettra à la Commune

quand une base d'entente aura pu être établie pour ce rétrocession.

On voit donc qu'au moment même de l'ouverture du n veau bief à la circulation la surélévation de la nappe s terraine à Briare a failli, grâce à ce que la population é surexcitée, compromettre le succès de cette grande œu

Cet inconvénient eût été d'autant plus grave que, l'on eut vidé le nouveau bief sur les injonctions de population, on n'aurait pu reprendre le remplissage s soulever de nouvelles récriminations d'autant plus vi qu'on aurait paru en reconnaître le bien-fondé.

Au contraire, en maintenant le nouveau bief neuf et abaissant le niveau de la nappe souterraine par le moy le plus sûr et le plus rapide, l'Administration a pro tout l'intérêt qu'elle portait à la population de Briare, elle a réussi pleinement à concilier l'intérêt général a l'intérêt local.

Elle a fait un sacrifice d'argent sérieux, mais bien pl

Le drainage du sous-sol de la Ville a exigé la construction d'un réseau de drains d'une longueur totale de 1958m,80 placé à une profondeur moyenne de 3m,50 au-dessous du sol. La dépense correspondante a été de	59.611f,65	
Les étanchements complémentaires exécutés dans la partie de la cuvette en déblai sont revenus à............	56.582 73	
Et la porte de garde du pont de Bléneau à........................	38.000 00	
Soit un ensemble de travaux de....		154.19
exécutés postérieurement à la mise en exploitation du nouveau bief et en vue de conserver les résultats acquis.		
Ces dépenses complémentaires, ajoutées aux frais de construction de		894.940
déjà donnés pour la dérivation de rive droite, portent la valeur de l'ensemble des travaux de cette dérivation à		1.049.135

Cette dépense relativement élevée s'explique par des difficultés de toute nature qui ont été rencontrées sur ce tronçon de canal.

DÉRIVATION DE RIVE GAUCHE ET DIGUE DE SAINT-FIRMIN.

Pour regagner le pont-canal depuis le bief de l'Étang, le nouveau canal qui se développe sur le flanc gauche de la vallée de la Loire et s'infléchit ensuite, pour traverser cette vallée, a un développement de 10 kilomètres.

De plus, on a vu que les 4 kilomètres du bief de l'Étang, surélevés de $0^m,41$ (de la cote 137,09 à la cote 137,50), ont été incorporés au bief du pont-canal.

Les travaux de ce bief sur la rive gauche ont été divisés en trois lots :

Premier lot : Transformation du bief de l'Étang, 4 kilomètres, non compris les ouvrages de raccordement entre le canal neuf et l'ancien ;

Deuxième lot : Depuis l'Étang jusqu'à Châtillon-sur-Loire, 5 kilomètres, y compris les ouvrages de raccordement de l'Étang ;

Troisième lot : De Châtillon-sur-Loire au pont-canal, 5 kilomètres.

A ce dernier lot ont été rattachés :

a. La construction de la digue de Saint-Firmin ;

b. L'élargissement de 400 à 600 mètres du lit mineur de la Loire.

De plus, il a fallu transformer deux ponts supérieurs dans ce premier lot.

Ces deux ponts, comme tous ceux du nouveau bief, ont été reconstruits pour deux voies de bateaux.

Étant donnés les prix des fers et les conditions pratiques de surcharges des passages supérieurs pour les voies de terre de toute catégorie, il n'y a pas de différence

sensible entre les ponts pour une ou pour deux voies bateaux.

Or la construction des passages supérieurs, à deux v préconisée dans les Congrès de navigatiou, a été rec nue utile et avantageuse pour tous les canaux qui ont grand transit, et c'est précisément le caractère que sente le canal latéral à la Loire.

En conservant à la cuvette et aux chemins de hal leur gabarit normal, sauf un léger raidissement talus, on est conduit à une ouverture de 20 mètres a répartie :

Deux chemins de halage de 2m,50 chacun		5
Largeur entre les arêtes	supérieure des talus	15
	de la cuvette	9

La largeur au plan d'eau se trouve être entre perrés raidis égale à 14 mètres, et elle est en voie c rante normale de 15 mètres.

Les travaux du premier lot ont été adjugés le 6 juin 1 et exécutés au cours des années 1891 à 1895.

Ils sont évalués ainsi :

Terrassements	41.556f,41
Ouvrages d'art	73.741 ,80
Dommages	695 ,00
Total	115.993f,21
Prix de revient par kilomètre	26.225f.00

Pour effectuer le raccordement entre l'ancien et nouveau canal et créer un bassin analogue à celui de Cognardière, il a fallu prendre les dispositions suivant

1° Allonger le pont-canal sur le ruisseau de l'Ét d'une longueur de 21m,36 vis-à-vis de la culée (c Nevers) et de 15m,84 vis-à-vis de la culée (côté Bria de ce pont-canal. Sa nouvelle tête a été disposée en bi pour s'adapter à l'assiette du nouveau canal qui se déta obliquement de l'ancien à côté de l'écluse de l'Étang.

Actuellement ce pont-canal, constitué par 4 arches de 2^{m},50 d'ouverture, a une longueur totale de 45^{m},91 mesurée suivant son axe. Le bassin d'évolution, qui se trouve en grande partie au-dessus de l'ouvrage d'art, présente une surface trapézoïdale mesurant 41^{m},77 à la grande base et allant en se rétrécissant progressivement jusqu'à la largeur normale qui constitue la petite base et est située à une distance de 35 mètres de la grande base du trapèze;

2° Transporter la maison éclusière du côté gauche de l'ancien canal sur le côté droit;

3° Établir sur l'ancienne écluse de l'Étang un pont tournant pour assurer la continuité du halage en vue des bateaux se dirigeant sur la nouvelle branche;

D'autre part, le pont-tournant, quand il est ouvert, permet le passage des bateaux, assez rares d'ailleurs, à destination de l'ancienne branche;

4° Enfin, à l'origine du nouveau canal, on a disposé une paire de portes de garde, et on a eu à établir un passage supérieur.

Immédiatement après cet ensemble d'ouvrages importants, le nouveau canal traverse en remblai, à son débouché dans la vallée de la Loire, la petite vallée secondaire de l'Étang, et il a fallu exécuter à ce passage des revêtements intérieurs et des élargissements de remblais importants.

Puis la nouvelle cuvette étant resserrée entre le coteau très élevé et l'ancien canal, on a dû, pour restreindre l'emprise nécessaire, établir cette cuvette entre deux murs verticaux maçonnés laissant entre eux une largeur de 11^{m},38 au plafond.

En se rapprochant de Châtillon, on doit noter que le tracé traversait l'emplacement de villas romaines déjà signalées dans un ouvrage sur les antiquités de l'Orléanais par l'un de nos prédécesseurs à Châteaudun, M. de Bois-

villette. De plus, on connaissait l'existence à flanc de
teau d'un aqueduc de $0^m,30$ sur $0^m,30$, en béton, recou
de tuiles courbes et long de 1.500 mètres, qui ame
les eaux de la petite vallée de l'Étang jusqu'à cette
morte, dont le nom « Gannes » n'était plus porté que
le pont existant sur l'ancien canal.

L'exécution des terrassements fit disparaitre enti
ment l'aqueduc romain, mais nous fit tomber sur
thermes de la localité. Les ruines de la piscine et de
hypocauste se trouvèrent mises à jour par les terra
ments nécessaires à l'exécution de la nouvelle cuvett
restèrent pendant toute l'année 1892 à la disposition
sociétés savantes qui ont été dûment prévenues. Ens
en novembre, il a fallu procéder à l'enlèvement de la
cine, mais l'hypocauste reste enfoui au-dessous des r
tements de la nouvelle cuvette et l'on voit encore l'ori
du prolongement des aqueducs du côté du coteau, pro
gement qui se dirige probablement vers un réservoir.

Un assez grand nombre d'antiquités, notamment
briques, des marbres, des monnaies, un stylet à m
furent trouvées et remises aux sociétés savantes
décision de l'Administration.

Enfin, sur les emprises du canal, on peut encore tro
les vestiges des fondations de divers bâtiments.

Au-delà du pont de Gannes, en se dirigeant vers l'
on a dû, pour asseoir le nouveau canal, recouper
coteau de craie marneuse mélangée de quelques mi
couches d'argile. L'équilibre de ces terrains a donc
rompu, et on a dû effectuer d'importants travaux pou
drainage, la captation et l'écoulement des eaux du cote
On a été conduit à établir encore dans cette traversé
canal entre deux murs verticaux distants de 11 mèt
faute de place, non plus pour le gabarit ordinaire, m
pour le gabarit exceptionnel comprenant, en outre
la cuvette, l'ensemble des ouvrages disposés au p

du coteau instable, afin de l'assainir et de le contrebuter.

L'autre mur vertical a eu pour but de donner plus de stabilité à la digue du côté opposé au coteau, au-dessus d'un sol dont l'équilibre laissait quelques doutes même pour les couches du sol naturel inférieures au nouveau canal et à une certaine distance du coteau.

Le nouveau canal et l'ancien qui le longe sont traversés dans cette région par deux chemins :

L'un, celui de Gannes, dont il vient d'être parlé ;

L'autre, à 1 kilomètre plus loin, franchissant aussi l'ancien canal au-dessus de l'écluse de la Folie.

A Gannes, les tympans de l'ancien pont sur la branche primitive du canal latéral ont été surélevés et on a pu racheter assez facilement le niveau ainsi exhaussé de cet ancien pont avec un ouvrage supérieur du nouveau type construit pour le passage de ce même chemin vicinal au-dessus du canal neuf.

A la Folie, la différence de niveau des deux canaux, ancien et nouveau, allant en s'accentuant, on avait prévu une déviation de la voie de terre, afin de regagner par un lacet et une déclivité admissible la différence de niveau entre l'ancien pont sur l'écluse à tympans plus ou moins surélevés et le pont supérieur sur le nouveau canal. Mais la Commission d'enquête parcellaire a émis l'avis que, si la déclivité de cette déviation était admissible, le lacet qu'elle présentait au passage de la nouvelle cuvette ne l'était pas, et, qu'en conséquence, les deux ouvrages d'art devraient être placés à la suite l'un de l'autre, la voie de terre étant conservée en ligne droite.

Afin d'éviter que le dossier des expropriations ne retournât à Paris et ne subît des retards anormaux, nous avons cru préférable de nous ranger à cet avis. Il en est résulté la nécessité d'établir sur la tête aval de l'écluse de la Folie de l'ancienne branche, uniquement pour desservir la voie de terre surélevée, non plus un simple surhausse-

ment de tympans, mais un véritable viaduc à trois arc une arche de $5^m,20$ sur le sas et deux arches latéral $5^m,20$, le tout compris entre des murs en aile.

Cette sorte de viaduc présente une longueur tota $18^m,76$ entre l'intérieur des culées, et son couronne est à $11^m,13$ au-dessus du radier de l'écluse de la F

Le tracé, après s'être développé encore pendant 2 mètres entre Gannes et les abords de Châtillon, autres difficultés spéciales que le passage du chemin Folie, aborde enfin la traversée des faubourgs de la vil Châtillon-sur-Loire et de la vallée secondaire dans la est établie cette ville, au point où cette vallée débo dans la vallée de la Loire.

Cette traversée a présenté de sérieuses difficultés. e beaucoup de dépenses et de précautions. Il a fallu effet, pour éviter de se rejeter entièrement dans la v de la Loire, entamer fortement les coteaux des côtés de la vallée secondaire et, en ce point, détruir rescinder de nombreux immeubles. Il a fallu acq 51 immeubles, dont 32 maisons d'habitation sur la s commune de Châtillon.

En outre, c'est là qu'il fallait établir le nouveau de Châtillon à créer sur la nouvelle branche.

Ce port comprend :

Un bassin ayant 315 mètres de longueur sur 30 mè de largeur moyenne ;

Et des terre-pleins ayant 313 mètres de longueur 30 mètres de largeur.

De plus, sur 183 mètres à l'aval de ce port, le can été exceptionnellement élargi pour trois voies de bate afin de multiplier les gares et de permettre au besoin extension facile des terre-pleins et des opérations d'e barquement et de débarquement sur les grands dép établis en ce point entre le nouveau canal et la ville.

En outre, dans la traversée de la vallée secondaire,

a eu à établir un pont-canal de 8 mètres d'ouverture et de 5^{m},73 de hauteur sous clef pour le passage du ruisseau de Châtillon.

La hauteur des piédroits est de 3^{m},083, et la flèche de la voûte elliptique qui surmonte ces piédroits est de 2^{m},647.

Le pont-canal de Châtillon-sur-Loire a été fondé sur une grande dalle de béton entourée d'une enceinte de pieux et de palplanches et présentant les épaisseurs suivantes :

1^{m},60 sous les culées sur tout le pourtour de l'enceinte sur une largeur de 3^{m},65;

Et 0^{m},80 sous la maçonnerie d'appareil du radier.

Cette maçonnerie d'appareil ayant une épaisseur de 0^{m},25, l'épaisseur totale du radier entre les deux culées de l'arche s'élève à 1^{m},05.

Ce pont-canal présente, du côté de la Loire, une paire de portes de garde busquées contre les crues du fleuve. Elles permettent, quand elles sont ouvertes — ce qui constitue leur état normal — l'écoulement des eaux ordinaires de la rivière de Châtillon et même des crues de cette rivière, attendu que ces crues se produisent généralement en avance sur celles de la Loire; puis, quand la crue du fleuve survient, la fermeture des portes met la ville à l'abri, mieux qu'elle ne l'a jamais été, des hautes eaux de la Loire.

Vers l'autre tête, située du côté de la ville, le pont-canal se termine par des murs en aile.

La longueur de l'ouvrage entre les deux têtes est de 37^{m},86; sa longueur entre ses extrémités, y compris les maçonneries des portes de garde et du radier vis-à-vis les murs en aile, atteint 52^{m},215 (dans le sens perpendiculaire à l'enceinte de pieux et palplanches).

Le plan d'eau du nouveau bief se trouve à 8^{m},80 au-dessus du lit du ruisseau de Châtillon et à 3^{m},12 au-dessus du sommet de l'intrados de l'arche.

Aux abords de ce pont-canal il a fallu dispose remblais avec des profils donnant toute sécurité, s du côté de la ville, car une rupture se produisant vis de Châtillon entraînerait une destruction partie cette localité et constituerait un accident épouvan

Nous avons, en conséquence, disposé, de chaqu du pont-canal, sur le ruisseau, de véritables glac côté de la ville. Du côté de la Loire, le profil approprié à son rôle vis-à-vis du fleuve.

On a établi un grand perré, de manière à n encombrer le lit du fleuve et cependant à assur résistance du talus du canal à l'action des eaux p les plus grandes crues de la Loire. Ce perré a au autre but : celui d'augmenter la stabilité de la dig canal dont le relief au-dessus du sol naturel n'e moins de $8^m,40$ vis-à-vis le thalweg de la vallée s daire.

Dans toute cette partie en grand remblai, les lar en couronne des digues ont été d'ailleurs augmenté portées :

A $9^m,90$ en amont de la gorge de Châtillon, m une section de canal déjà en fort remblai du côté grande vallée de la Loire ;

Et à $8^m,25$ vis-à-vis de la vallée secondaire.

Les figures, de la planche 23 donnent les prof travers les plus intéressants de cette partie du no bief.

La longueur des grands remblais de la dérivati rive gauche à la traversée de la vallée de Châtill aux abords s'élève à 1.200 mètres.

Dans cette même traversée des abords de Châtill rétablissement des communications n'a pas été moin ficile que la construction de la cuvette.

A chacune des deux extrémités de ces grandes t chées exécutées de chaque côté de la vallée aux

dits « les Rabutelloires » et « les Hautes-Rives », il a fallu exécuter un passage supérieur dans des conditions difficiles de tracé.

On rencontre, dans chacune des tranchées avoisinant ces ponts, des cotes sur l'axe en déblai de 10 mètres au-dessus du plafond. On a dû, en outre, assurer le passage du chemin de grande communication reliant Châtillon-sur-Loire à la gare qui dessert cette localité et qui est située sur le plateau, de l'autre côté de la Loire.

Au point où le nouveau canal coupait cet important chemin, le canal était déjà en remblai.

Aussi, afin de restreindre l'importance des travaux et d'éviter de nuire aux immeubles voisins par de grands remblais, on avait proposé aux habitants un pont tournant.

Cette combinaison heurtait si violemment les idées de la population qu'il fallut y renoncer.

D'autre part, le passage par-dessous eût été à un niveau trop bas par rapport au fleuve.

Chaque année, il eût été submergé et impraticable pendant la saison des eaux abondantes.

Il ne restait donc plus d'autre combinaison réalisable, malgré ses inconvénients, que le passage par dessus, et c'est, en effet, cette combinaison qui a été réalisée. On a pu limiter les rampes aux abords :

1° A $0^m,0426$ par mètre sur 108 mètres de longueur du côté de la Loire pour relier ce pont sur le nouveau canal au pont suspendu jeté sur le fleuve.

2° A $0^m,045$ par mètre sur 156 mètres de longueur du côté de la ville.

C'est ce pont supérieur sur le chemin de Châtillon à la gare qui marque, à quelques mètres près, la limite entre le deuxième et le troisième lot. Il est compris dans le deuxième lot.

Pour réduire les conséquences d'une rupture de digues au cas où, malgré les précautions prises et relatées plus

haut, un accident de ce genre viendrait à se prod
vis-à-vis de Châtillon, on a disposé, à chacun des d
passages supérieurs des Rabutelloires et des Ha
Rives, une paire de portes de garde, chaque paire é
busquée du côté extérieur de la section en remblai
manière à ce que cette section pût se vider sans que
eaux du surplus du bief puissent s'écouler dans la sec
endommagée, et de là par la brèche, à condition q
puisse fermer ces portes à temps.

Ces portes ont été surveillées au début d'une man
constante ; elles le sont encore par les cantonniers
tallés à proximité.

Un système de fermeture automatique, proposé
M. l'Ingénieur Sigault, et qui, en principe, paraît i
nieux et pratique, n'a pas été admis par l'Administra
par le motif qu'il n'avait pas encore été essayé, et
le Service ne pouvait répondre de son fonctionnement

Mais nous reconnaissons qu'il ne s'agissait là que d
précaution de plus. Dans la première période d'expl
tion, la surveillance et le gardiennage des portes
garde s'imposaient dans tous les cas et dans toutes
combinaisons.

Les précautions prises pour isoler les grands rembl
situés à la traversée de la vallée secondaire de Châti
sont complétées par l'installation d'un déversoir de
dans cette section et non loin des portes de garde
Rabutelloires.

L'évacuation des eaux se fait dans l'ancien port
Châtillon qui a les dimensions nécessaires pour les re
voir provisoirement et les diriger rapidement dan
Loire par l'ancienne écluse de descente dans le fleuve

Après la grande tranchée des Hautes-Rives et le p
sage supérieur établi pour la route départementale
du Loiret, le canal se développe sur le flanc a
adouci des coteaux de rive gauche de la Loire sans p

senter de particularité spéciale jusqu'à la traversée de la petite vallée secondaire du Pilon où le plafond se trouve en remblai maximum de $2^{m},86$.

Il a fallu disposer à l'intérieur de la cuvette des étanchements dans les conditions déjà exprimées. Il est même à remarquer qu'à partir de ce point, pour diverses raisons, les revêtements intérieurs de la cuvette ont été prolongés d'une manière continue jusqu'au grand pont-canal. Ils règnent ainsi sans interruption sur $2^{km},107$.

On peut à ce propos établir ainsi leur prix de revient par mètre courant :

Perrés		$33^{f},70$
Et pour un autre perré semblable		33 ,70
Bétonnage du plafond dans les cas ordinaires	Fouille	5 ,50
	Bétonnage	30 ,25
TOTAL		$103^{f},15$

Mais cette épaisseur de bétonnage a été augmentée sur les grands remblais, comme on le verra plus loin.

Enfin, en dehors des cassures, qui ont été réparées au fur et à mesure, il faut noter les tassements lents qui ont, dans les grands remblais, atteint près de la hauteur d'un rang de moellons ($0^{m},30$). On a dû exhausser les deux perrés d'une file de moellons. Là où le tassement a été moindre, mais où l'arête des perrés s'est trouvée être à une cote sensiblement inférieure au plan d'eau, on a été conduit à bétonner la risberme de batillage et une partie du talus intérieur de la banquette de halage.

Très peu au-delà du passage de la vallée du Pilon, le canal mord plus avant dans le coteau, afin de laisser à sa droite, et malheureusement en contre-bas, la ferme et le château de la Mothe. Il a même fallu construire du côté extérieur de la digue, vis-à-vis le château, c'est-à-dire du côté de la Loire, un mur de soutènement vertical.

Dans cette traversée, les revêtements intérieurs n'ont

pas suffi, et il a fallu, en outre, exécuter, d'accord le propriétaire et sur son terrain, une ceinture com de drains pour protéger les bâtiments d'habitati d'exploitation de la ferme.

Il est vrai que toutes les eaux d'infiltration ne pr naient pas de la cuvette ; une partie provient du co il existe d'ailleurs une source naturelle en ce point. le régime de ces eaux ayant été bouleversé par la c tion du canal, il fallait prévenir les dommages imput au nouveau régime, sous peine de s'exposer à des ac contentieuses.

L'exécution des terrassements a mis à jour des d importants de laitiers de fonte, les uns lourds et riches en métal, les autres plus légers, vitreux ou c tués par des écumes refroidies. Le terrain constitué ces dépôts était éminemment perméable et avait be plus que tout autre, d'être protégé contre le passage eaux par les revêtements intérieurs de la cuvette. trouvé quelques monnaies romaines également sur point et des vestiges de murs qui semblent avoir é ment une origine romaine.

On se trouve là évidemment dans une station mé lurgique de l'antiquité. Mais on sait que les installat métallurgiques primitives se réduisaient à peu près foyer adossé à des murs où se trouvaient parfois p quées des ouvertures.

Cette station métallurgique se trouve située entr ville morte de Gannes, distante de 7^{km},200 en am et le cimetière romain de Briare, à 2^{km},900 en av suivant le tracé du nouveau canal.

A-t-elle quelque rapport avec ces deux derniers li d'habitation? C'est probable, mais il est difficile de pr ser les relations de ces trois centres.

C'est aussitôt après la traversée de la Mothe que digue de Saint-Firmin se détache du coteau pour a

rejoindre la culée de rive gauche du pont-canal; mais pendant que le nouveau canal suit un tracé tournant sa concavité vers l'amont de la Loire, la digue suit un tracé tournant sa concavité vers l'aval.

Comme la rupture des digues du canal neuf à l'intérieur de ce val aurait des conséquences plus particulièrement désastreuses en raison :

1° De la présence d'un centre habité, le village de Saint-Firmin ;

2° De la plus grande difficulté d'évacuation des eaux, on a disposé une paire de portes de garde au passage supérieur qui se trouve à proximité du château.

A 985 mètres en aval de ce pont, on arrive au pont supérieur suivant de Beauregard qui marque à peu près le point où le canal neuf quitte le coteau et se dirige vers le pont-canal en traversant la vallée de la Loire au moyen d'un grand remblai.

Entre la traversée de la Mothe et Beauregard, la cuvette est presque entièrement en déblai dans un terrain de rocher à grandes fissures et, par suite, très perméable.

On avait cru d'abord pouvoir se contenter d'un corroi sur le plafond. Mais ce corroi s'est fendu au-dessus des cavités rocheuses et n'a pas conservé son imperméabilité.

On s'est résigné à l'enlever, à le remplacer au contact immédiat du rocher par un bétonnage de $0^{m},15$ d'épaisseur, puis on a rétabli ce corroi après l'avoir de nouveau trituré, sur le bétonnage, aux lieu et place de la couche ordinaire de terre végétale. Cette double précaution a complètement réussi.

Le canal neuf ne quitte pas les coteaux à Beauregard sans les avoir entamés profondément pour l'établissement de la cuvette et la déviation du chemin. Là encore on rencontre des cotes sur l'axe en déblai de 10 mètres au-dessus du plafond.

Malheureusement, le talus attaqué comporte des [illegible] argileux et il s'est mis en mouvement.

Ici l'assiette du canal était hors de cause.

Les mouvements ne se produisaient qu'au-dess[illegible] niveau des chemins de halage. Mais il fallait les arr[illegible] sous peine de voir les couches supérieures de terrain [illegible] encombrer le chemin de contre-halage et même la cuv[illegible]

Alors, au lieu d'opérer comme on était forcé de le [illegible] aux abords de Gannes en drainant à outrance et en [illegible] trebutant le pied du coteau, on a pu et on a pré[illegible] laisser les glissements se produire et on a enlevé [illegible] terres au fur et à mesure de leur mise en mouvem[illegible] après avoir eu soin d'acheter tous les terrains ju[illegible] l'arête supérieure du coteau.

Ce procédé n'est admissible que quand la hauteu[illegible] coteau est modérée et qu'un plateau y fait suite, car [illegible] le mouvement n'a pas de chance de se propager [illegible] loin sur le plateau. Mais, s'il s'agissait d'une vérit[illegible] montagne élevée, cette méthode expectative serait c[illegible] quée à bon droit.

Dans le cas actuel, on pouvait lui appliquer l'argu[illegible] fourni par beaucoup d'Ingénieurs, rompus aux gr[illegible] travaux, que l'effet des drainages n'est pas absolu[illegible] certain et qu'on compromet souvent inutilement [illegible] sommes importantes, tandis que, quand on a acquis [illegible] terrains nécessaires, qu'il ne s'agit que d'un coteau d'[illegible] hauteur moyenne et que l'assiette même de la voie n'[illegible] pas en jeu, le système qui consiste dans l'enlèvement [illegible] terres est le mieux approprié.

Au surplus, on l'a complété en dernier lieu à Bea[illegible] gard par quelques drainages plutôt superficiels et [illegible] un fossé maçonné établi au pied du talus recueillant [illegible] écoulant rapidement toutes les eaux.

Les grands remblais qui commencent à Beaureg[illegible] règnent sur 845 mètres de long et sur cette longue[illegible]

le nouveau canal présente au-dessous du plafond une cote en remblai sur l'axe :

De 5^m,80 en moyenne ;

Et de 6^m,89 au maximum.

C'était là la partie la plus dangereuse et la plus difficile à exécuter de la nouvelle cuvette.

On conçoit donc facilement qu'on ait encore pourvu de portes de garde le pont de Beauregard et qu'on y ait établi une maison spéciale de cantonnier pour assurer la présence permanente sur ce point de l'agent chargé de la manœuvre de ces portes.

Cette maison de Beauregard et celle de la Cognardière sont les deux seuls bâtiments d'habitation spéciaux construits sur le nouveau bief, en outre des trois habitations situées aux abords de la culée droite du pont-canal.

Mais il convient d'ajouter qu'aux abords des trois autres portes de garde, non munies de bâtiments spéciaux, on a disposé de petits locaux analogues aux postes d'octroi des petites villes où peuvent se tenir en permanence les agents chargés de la surveillance des portes pendant la première période d'exploitation, et sur d'autres points les agents chargés de cette surveillance ont pu être logés à proximité dans des maisons partiellement atteintes par les emprises et qui ont dû être expropriées.

On peut, au moyen des portes de garde de Beauregard, isoler entièrement ces grands remblais du reste du canal et limiter le plus possible le cube d'eau évacué en cas de rupture. Cela est d'autant plus essentiel que ces grands remblais, en même temps qu'ils se rapprochent du grand pont-canal, se rapprochent également des habitations du village de Saint-Firmin.

Dans cette partie, l'épaisseur du bétonnage au plafond a été portée de 0^m,15 à 0^m,25, et, en cas de cassure, on aurait remplacé la couche de terre végétale de 0^m,13 située au-dessus du bétonnage et de sa chape par un

bétonnage ayant cette épaisseur, plus la profondeur tassement. Ce bétonnage aurait été disposé avec de p cailloux et du mortier de ciment et serait apte, par séquent, à résister à la gaffe.

Heureusement, il n'a pas été nécessaire de recou cette précaution complémentaire.

Ces grands remblais, exécutés par couches pilon de 0m,20 et ayant déjà trois hivers quand les revêtem intérieurs de la cuvette ont été exécutés, avaient leur tassement définitif, et on n'a observé que très pe mouvements dans les maçonneries qui les ont recouv à l'intérieur de la cuvette.

C'était surtout pour ces grands remblais qu'il fa augmenter la masse des digues pour qu'on ne fût exposé, au cas où le revêtement intérieur viendrait à fissuré, à ce que les remblais fussent délavés et que les digues vinssent à s'effondrer.

On a commencé par les constituer — sauf un no en sable, dans leur partie inférieure centrale — des terrassements ordinaires de moyenne qualité, c prenant trois risbermes entre l'arête supérieure du t et le sol naturel. Le noyau central en sable est d'aill séparé du plafond de la cuvette par une épaisseur terrassements ordinaires de 0m,60 surmontée par bétonnage de 0m,27, y compris la chape et la couche terre végétale supérieure de 0m,13, soit 1 mètre d'ép seur totale, comprenant 0m,40 pour l'ensemble des re tements intérieurs.

On a élargi le profil ainsi constitué au moyen des t rassements sableux provenant de l'élargissement du mineur de la Loire, terrassements perméables, il vrai, mais très stables, quand ils ne sont pas soumis l'action des eaux et quand leur surface exposée à l'a été consolidée par la végétation.

On a ainsi porté les largeurs en couronne à 11 mèt

du côté du halage (qui est en même temps le côté des centres habités), et à 15 mètres du côté du contre-halage, c'est-à-dire à la cote où le tracé présentait sa convexité vers l'extérieur.

De plus, de ce côté on avait beaucoup plus de facilité, soit pour les acquisitions de terrains, soit pour les transports de terrassements.

On a créé ainsi une plate-forme qui pourra plus tard servir comme terre-plein de port, sinon à titre officiel, du moins à titre de tolérance.

Du côté du halage, on a adopté définitivement, pour le talus extérieur, à partir de l'arête supérieure de cette plateforme de 11 mètres :

1° Un talus à 3/2 sur une hauteur de $2^{m},50$;

2° Une risberme de $1^{m},50$;

3° Un talus à 7/4 sur une hauteur de $3^{m},20$;

4° Une plate-forme de 3 mètres ;

5° Un glacis avec talus de 5/1 rachetant la hauteur de $3^{m}.10$ existant entre cette dernière plate forme et le sol naturel.

Avec ces dispositions, la demi-largeur d'emprise à partir de l'axe jusqu'à la rencontre du dernier talus avec le sol naturel n'est pas inférieure à 50 mètres.

Ce profil règne sur 340 mètres de longueur de canal entre les coteaux de rive gauche et un ponceau établi sous les grands remblais pour assurer l'écoulement des eaux propres du val de Saint-Firmin, ainsi qu'un passage pour piétons et bestiaux. Ce ponceau a $2^{m}.50$ d'ouverture et comprend :

1° Un passage pavé pour piétons, large de $0^{m}.80$;

2° Une cuvette pour le ruisseau ayant $1^{m}.70$ de largeur et $0^{m}.70$ de hauteur moyenne au-dessous de la plateforme du passage défini au paragraphe précédent.

La hauteur de l'intrados à la clef est de $2^{m}.30$ au-dessus de la plateforme pour piétons :

3 mètres au-dessus du radier de la cuvette du ruiss

Au-delà de ce ponceau on a adopté, pour le talus rieur, un profil à inclinaison décroissante ; on l'a re par une rampe d'accès, et, dans la région où les re se rétrécissent pour aboutir à l'ouvrage qui perm passage du nouveau bief au-dessus de la route dé mentale n° 2, on a racheté cette diminution de dime par la construction d'un perré.

La demi-largeur d'emprise (côté du halage), dans partie du canal, est de 38 mètres.

Du côté du contre-halage on avait moins de préca à prendre en raison des dimensions exceptionnelles plateforme. On a épaulé le pied du remblai en dis un chemin latéral exhaussé entre le coteau et le ponceau dont il vient d'être question.

Les demi-largeurs d'emprise correspondantes so 47m,50 et de 44m,60, et la largeur totale d'emprise ces grands remblais peut être fixée à 92m,10, non co les chemins latéraux.

Avant d'arriver au grand pont-canal, il a fallu trav la route départementale n° 2, qui, après avoir pass dessus du nouveau bief aux Hautes-Rives à 4km,150 p sud, est appelée à passer au point considéré au-des de ce même bief.

On n'a pu assurer ce passage qu'au moyen d'un ouv exceptionnel, hardi, difficile à exécuter et coûteux.

Le pont-canal dit « pont-canal de Saint-Firmin compose, dans sa partie centrale longue de 10m,70, surée suivant l'axe de la route, d'une seule arch 7 mètres d'ouverture à voûte elliptique horizontale a 1m,75 de flèche, surmontant des piédroits hauts de 3m, entre les naissances et le sol de la route.

Cette voûte est raccordée avec les deux têtes de l' vrage par des voûtes obliques et évasées dont l'intr constitue une portion de trompe, de manière à obte

dans le plan de tête, une ouverture de 8 mètres, une hauteur de piédroits de $4^m,825$ et une flèche de $2^m,25$, pour l'ellipse plane dans le plan de tête.

Des murs en retour font saillie sur le plan de tête de 2 mètres.

La longueur totale entre les têtes de la voûte s'établit ainsi :

Voûte oblique, côté sud...............	$7^m,242$
Voûte horizontale........................	10 ,700
Voûte oblique, côté nord.................	7 ,200
TOTAL..................	$25^m,142$

Les évasements ont pour effet de donner du dégagement et de la lumière à ce passage inférieur, qui, sans cette précaution, eût été, en raison de sa longueur, trop sombre, surtout pour une route départementale importante.

Cette arche est pourvue, à chacune de ses têtes, d'une paire de portes de garde busquées en sens inverse.

La porte busquée vers l'aval complète la fermeture du nouveau val de Saint-Firmin et empêche les eaux des grandes crues, dont le niveau peut s'élever jusqu'à $1^m,68$ au-dessus des naissances de la voûte à l'emplacement de l'ouvrage, de pénétrer par remous dans le val.

Ces portes doivent être utilisées normalement toutes les fois qu'une crue de la Loire atteindra le niveau de la route, c'est-à-dire plus de 3 mètres au-dessus de l'étiage, à Briare.

Les portes d'amont ne constituent qu'une précaution supplémentaire produisant son effet seulement dans le cas où la nouvelle digue de Saint-Firmin, qui ferme le val par l'amont, viendrait à céder.

Dans ce cas, en effet, les eaux d'amont, venant affluer avec une vitesse très forte vers l'ouvrage, produiraient l'ouverture des portes busquées vers l'aval et détermine-

raient ainsi, en amont et aux abords de l'ouvrage, courants très violents, qui pourraient amener la des tion totale des habitations du bourg, situé à proxim

C'est alors que les portes d'amont, en se fermant, bliraient la continuité de l'éperon formé par les g remblais et empêcheraient les effets précédents d produire.

Cette disposition a d'ailleurs été la conséquence discussions analogues qui ont eu lieu pour la ferm complète du val de Sermoise à Nevers. La même c tion a été faite pour ce dernier val, à propos des co produits en cas de rupture des digues d'amont.

Pour le val de Saint-Firmin, créé dans des cond entièrement nouvelles, avec des ouvrages neufs e n'intéressaient que les voies administrées directeme l'État, la réponse à l'objection a consisté dans la truction d'une seconde paire de portes et est ré depuis 1893, c'est-à-dire trois ans après que la que s'est posée.

Pour le val de Sermoise, dont il s'agit seulement d' liorer la situation et où plusieurs services différen trouvent intéressés, la solution définitive, qui cons à établir les portes de fermeture du val du côté d'a les doubler et à les busquer en sens inverse, n'a pa encore obtenue depuis la dernière grande crue de 1

Mais il faut espérer que, quelque jour, on pre modèle pour Nevers sur le nouveau val de Saint-Fir

Ces deux portes de garde, établies sous le can pont-canal de Saint-Firmin, portent à quatre le nombr paires de portes de garde hors cuvette. On a vu que deux autres sont établies :

L'une sur l'ancienne branche du canal latéral ;

L'autre au pont de Châtillon-sur-Loire.

Si on rapproche de ce chiffre les dix paires de po établies dans la cuvette, on voit que le nouveau bie

comporté en tout l'établissement de quatorze paires de portes de garde.

Le pont-canal de Saint-Firmin se trouve établi sur le plafond de la vallée de la Loire, naturellement accessible aux grandes crues et qui est protégé contre le flot d'amont seulement par la nouvelle digue de Saint-Firmin.

Il fallait donc des fondations aptes à résister dans toutes les éventualités possibles des crues de la Loire, et, par suite, il fallait s'établir sur un radier général en béton et maçonnerie ordinaire, dans une enceinte de pieux et palplanches, et augmenter l'épaisseur du massif sur son périmètre, notamment vis-à-vis l'ouverture ménagée pour la chaussée.

De plus, la dalle en béton a été appuyée sur des pilotis battus à l'intérieur de cette enceinte.

L'épaisseur de la fondation a été, au milieu de l'enceinte, de $1^{m},10$.

Dans le parafouille	amont	béton..................	$1^{m},85$	$4^{m},88$
		maçonnerie ordinaire....	3 ,03	
	aval, maçonnerie ordinaire...............			4 ,88

L'enceinte rectangulaire de pieux et palplanches mesurait :

Dans le sens perpendiculaire aux deux plans de tête du pont-canal, $30^{m},50$;

Dans le sens parallèle aux têtes et, par suite, parallèle à l'axe du canal, $32^{m},20$.

Cet ouvrage a été recouvert d'une chape en bitume ; puis, au dessus on a disposé les revêtements habituels de la cuvette au-dessus des grands remblais.

Au-dessus de cet ouvrage, comme au-dessous du pont-canal de Châtillon-sur-Loire, les tassements qui se sont produits à la longue dans la nouvelle cuvette ont été moindres que dans les remblais voisins, et il a fallu remédier à un certain nombre de cassures aux abords.

Le pont-canal de Saint-Firmin n'est distant de la c
du grand pont-canal que de 184 mètres.

Dans cette partie on a constitué, de chaque côté d
digue, deux plateformes de $19^m,30$ et $17^m,20$ de larg
et sur les plateformes de droite, un bureau pour le g
dien des portes du pont-canal.

Des rampes d'accès partant de la route départemen
n° 2 et aboutissant à ces plateformes, vers la culé
grand pont-canal, viennent encore renforcer le massif
remblais, qui sont, en outre, bien entendu, protégés
les mêmes revêtements intérieurs déjà indiqués plus
jusqu'aux maçonneries de la culée de rive gauche
pont-canal métallique.

Telle est la description sommaire des points princip
et des ouvrages les plus importants de la dérivatio
rive gauche.

Le remplissage et l'alimentation d'essai du nou
bief ont été très difficiles et laborieux, tant qu'il a f
avant tout, assurer la navigation suivant l'ancien t
du canal latéral et n'emprunter aucune ressource
canal de Briare.

Le canal latéral n'ayant, en 1896, aucune prise d'
sérieuse, depuis le Guétin jusqu'à Châtillon-sur-Loire,
fallu envoyer, depuis le Guétin jusqu'à l'Étang, c'
à-dire sur 75 kilomètres, 50, 70 et même jusq
90.000 mètres cubes d'eau par jour et opérer la nuit,
que les courants ainsi créés ne gênent pas la navigat

On interdisait sur le canal latéral la circulation de
entre sept heures du soir et six heures du matin:
ouvrait les vannes de toutes les portes à la même heu
On refermait les vannes une heure avant l'heure fi
pour la reprise de la navigation, afin de pouvoir arri
à régler complètement et avec exactitude les biefs.

L'alimentation est, au contraire, très facile depuis q
le nouveau bief, qui est un bief de hauteur minimu

reçoit les éclusées des deux séries d'écluses qui y aboutissent chacune par une série descendante de chutes, et d'ailleurs après que l'influence des colmatages s'est fait sentir.

Le produit journalier des écluses est de 30.000 mètres cubes, et il n'a plus fallu, pendant les premiers jours de l'exploitation, avoir recours aux envois de nuit que jusqu'au 30 septembre 1896, date à laquelle ces envois ont pu cesser à peu près complètement.

La tenue du nouveau bief se règle exactement et facilement.

Les travaux de ce nouveau bief ont été complétés par l'établissement de la nouvelle digue de Saint-Firmin, qui part de la Mothe pour aboutir à la culée de rive gauche du pont-canal, suivant un tracé courbe, tournant sa convexité vers l'amont et comptant 1.381^m,45 de développement.

Cette digue coupe la route départementale n° 2, qui a été surélevée, de manière à se raccorder avec la plateforme de cet ouvrage.

Le niveau supérieur de la plateforme de la digue a été arasé à 8^m,50 au-dessus de l'étiage, soit 2^m,00 de revanche au-dessus des plus hautes crues connues.

La largeur de cette digue en plateforme varie de 8 mètres à 13 mètres. Ses talus sont à 3/2, et le talus du côté du fleuve a été recouvert d'un perré à mortier.

En outre, aux abords de la digue, du côté des nouvelles berges de la Loire, après l'extension du lit mineur, on a régularisé le plafond de la vallée du fleuve, plafond qui se trouve arasé au niveau de l'étiage.

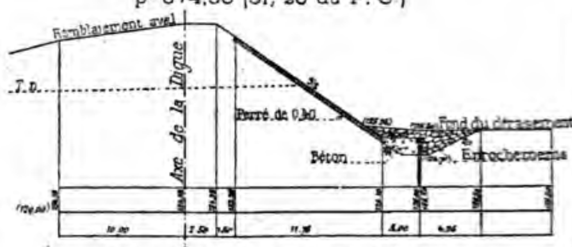
On a limité ce plafond de la vallée formant terrasse, par rapport au fond du lit mineur, à une ligne à peu près droite partant de la culée de rive gauche et allant rejoindre en amont les perrés de l'ancienne levée longitudinale.

Le même alignement a été prolongé à l'aval du pont canal métallique.

PROFILS EN TRAVERS DE LA DIGUE DE St-FIRMIN

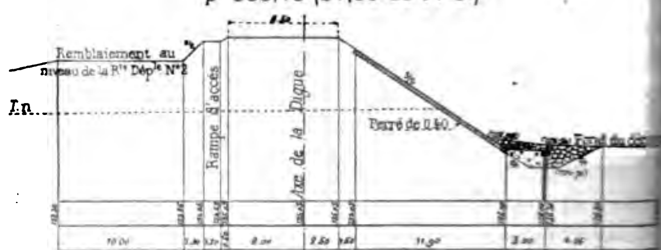
1° En aval du Pont Canal

pt 874,90 (51m 20 du P. C.)



2° En amont du Pont Canal

pt 983,70 (57,60 du P. C.)



3° Entre la route départementale et le coteau

pt 2049,90

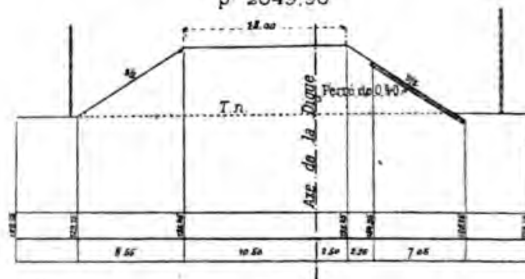


Fig. 5.

Le plan général (pl. 15) et les profils ci-dessus indiquent

d'ailleurs, l'ensemble de ces dispositions, qui assurent aux eaux ordinaires un écoulement constamment régulier dans le lit mineur agrandi jusqu'à 4 mètres au-dessus de l'étiage. Au-dessus de cette hauteur, les eaux de crues peuvent déborder sur un plafond uni et être ramenées progressivement vers le grand pont-canal par le tracé connexe de la nouvelle digue de Saint-Firmin.

Tous les remblais ainsi opérés n'absorbaient pas les déblais disponibles, par suite de l'élargissement du lit de la Loire sur 3^{m},50 de profondeur et 220 mètres de largeur maximum, vis-à-vis du pont-canal, cette largeur allant en mourant;

D'un côté, à 879^{m},30 à l'amont;

Et, de l'autre, à 926^{m},10 à l'aval.

On a pu alors, avec le consentement et même à la demande des propriétaires, remblayer, avec les sables mêlés de dépôts de crues et de débris de coquilles calcaires, divers terrains aux abords.

D'abord toute la superficie comprise entre la route départementale n° 2, la nouvelle digue et le nouveau canal, terrains formant bas-fonds, a été relevée en moyenne de 3 mètres.

De l'autre côté du canal, on a également remblayé, dans des conditions analogues, une superficie de 4^{ha},40.

Avant l'opération, un plan très exact des parcelles avait été levé; après l'exécution des terrassements, on a rétabli, sur la nouvelle surface surélevée, le tracé des parcelles, et chacun rentra en possession de sa propriété. Ce qu'il y a de plus remarquable, c'est la fertilité de ces terrains d'apparence maigre et sableuse. Leurs produits ont dépassé tout ce qu'on pouvait espérer, et cette opération accessoire d'intérêt agricole méritait d'être citée.

Le cube total employé à la digue de Saint-Firmin a été de 146.000 mètres cubes, soit, par mètre courant de digues, 117 mètres cubes.

En outre, 208.000 mètres cubes ont été employés à [illegible] remblaiements agricoles, et enfin on a constitué un dé[illegible] spécial avec les 64.000 mètres cubes qu'il a fallu enc[illegible] extraire du lit de la Loire pour réaliser le program[illegible] donné.

En résumé, l'exécution de la dérivation de rive gau[illegible] a entraîné l'exécution de :

1.109.836 mètres cubes de terrassements pour la n[illegible] velle cuvette, et de :

1.255.836 mètres cubes de terrassements, y com[illegible] la digue de Saint-Firmin.

Les dépenses correspondantes se résument ainsi:

	1er lot	2e lot	3e lot	
			Canal proprement dit	Digue de Saint-Firmin et dérasement du lit mineur de la Loire
I. — *Acquisitions de terrains*	»	333.620fr,51	315.860fr,42	60.546fr,[illegible]
Dommages	695fr »	12.458 ,93	3.664 ,57	2.600 ,[illegible]
II. — Travaux.				
Terrassements	29.001 ,56	648.813 ,54	426.141 ,54	654.184 ,[illegible]
Chaussées	12.554 ,85	18.789 ,18	28.770 ,90	1.619 ,[illegible]
Ouvrages d'art. — Maçonneries	32.808 ,95	348.254 ,89	404.155 ,56	209.596 ,[illegible]
Ouvrages d'art. — Fers de tabliers métalliques	40.932 ,85	60.020 ,47	61.914 ,87	»
Travaux d'étanchement et de consolidation :				
Terrassements	»	90.392 ,62	79.227 ,00	»
Maçonneries	»	214.400 ,63	274.312 ,24	»
Portes de garde	»	15.825 ,45	40.361 ,15	»
Totaux	115.993fr,21	1.742.576fr,22	1.634.408fr,25	928.54[illegible]

Récapitulons maintenant ces quantités avec celles [illegible] la dérivation de rive droite.

L'ensemble des 13 kilomètres de canal neuf a ex[illegible]

l'exécution d'un cube de terrassements de :

En dehors du lit de la Loire		1.109.836$^{m^3}$,39
Dans le lit du fleuve :	Élargissement du lit mineur...	697.224 ,55
	Fondations du pont-canal.....	18.375 ,30
	Soit au total..............	1.825.436$^{m^3}$,24

Il résulte aussi de l'exposé précédent qu'en résumé le nouveau bief a exigé :

1° Un cube de maçonnerie (ouvrages d'art de toute nature et revêtements maçonnés pour étanchement)			117.823$^{m^3}$,48
2° Un poids de fers :	1° Pour le pont-canal :	Fondations........	487.620^{kg},00
		Ossature métallique proprement dite.	3.076.647 ,00
	2° Pour les passages supérieurs.......		740.208 ,00
	Soit au total..............		4.304.475^{kg},00

Ce bief présente, en outre du grand pont-canal métallique :

4 ponts-canaux maçonnés (total des ouvertures cumulées : 25 mètres) ; 22 aqueducs sous cuvette ; 16 passages supérieurs pour deux voies de bateaux; 14 portes de garde, dont 10 dans la cuvette et 4 hors de la cuvette, (motivée par le régime de la Loire).

L'ensemble des dépenses peut s'établir ainsi :

Acquisitions de terrains et dommages.			936.4
Grand pont-canal : 622^m,69	Maçonneries	1.423.235 ,71	
	Ossature métallique et accessoires.........	1.243.028 ,11	
	Ouvrages aux abords de la culée de rive droite	167.289 ,35	
	Éclairage électrique...	30.972 ,75	
			2.864.3
Dérivation de rive droite (2^{km},5 de canal neuf)......................			842.1
Dérivation de rive gauche :	1er lot. — 4^{km},00 transformés sur place....	115.298^f,21	
	Canal neuf (10 kilom.).	2.711.380 ,04	
	Digue de St-Firmin et dérasement du lit mineur de la Loire..	865.400 ,77	
			3.692.0
TOTAL GÉNÉRAL..............			8.335.1

Tel est le bilan de ces travaux si importants, so rapport des obstacles rencontrés, des difficultés vain des dépenses effectuées et des résultats obtenus.

Il a fallu, en somme, huit millions et huit camp de travaux, depuis l'enquête d'utilité publique, pour un canal à grande section au-dessus de la Loir 540 kilomètres en aval de la source et sans crai l'atteinte des terribles crues de 6^m,50 que ce fleuve sente en ce point.

C'est cette indépendance conquise par le réseau gable, par rapport soit au manque d'eau, soit aux ter crues du fleuve, qui constitue l'avantage capital ré par la suppression de la traversée de la Loire à nive

Il y avait là un obstacle souvent infranchissable, jours long, difficile et dangereux, qui séparait les navigables du centre de celles du nord et de l'est de France ainsi que de Paris.

Non seulement cet obstacle a disparu, mais encore

écluses ont été supprimées, la traversée est devenue en même temps plus facile, plus régulière et plus rapide.

La sécurité assurée à la batellerie du centre, l'outillage national complété et mis à la hauteur des progrès accomplis chez les nations voisines, la construction d'un grand ouvrage nouveau par ses dimensions comme par la nature du métal employé, l'usage de l'acier doux travaillant à la flexion définitivement consacré en France par des décisions officielles dans les constructions civiles, tels sont les résultats décisifs que huit années d'efforts et de sacrifices ont permis de réaliser.

Les premières études ont été dirigées de 1876 à 1886, sous la haute direction de MM. les Inspecteurs généraux Deslandes, de Boisanger, Vicart, Plocq, Jacquet, Malézieux et Bertin ; par M. Moreau, Ingénieur en chef, et MM. Poulet et Harel de la Noë, Ingénieurs ordinaires.

Pendant la seconde phase qui commence le 9 août 1886 avec l'ouverture de l'enquête d'utilité publique, les études définitives, la préparation des projets d'exécution et l'étude de l'emploi de l'acier ont été poursuivies sous la haute direction de MM. les Inspecteurs généraux Bertin, Gauckler et Edmond Henry, par M. Mazoyer, Ingénieur en chef, et MM. Caillez, Guillot, Sigault et Vicaire, Ingénieurs ordinaires.

MM. les Conducteurs subdivisionnaires ayant conduit les travaux sont :

1° Pour le pont-canal : M. Morin, assisté de MM. Blin et Texier, adjoints au service de cette subdivision ;

2° Pour la dérivation de rive droite : M. Allier ;

3° Pour la dérivation de rive gauche : MM. Rocher et Seigné, assistés de MM. Liban, Beaufils, Rouget, Gay et Judas, adjoints au service de cette subdivision.

MM. les Conducteurs attachés au service technique des études sont :

1° Au bureau de l'Ingénieur en chef : MM. Thie
Guérin ;

2° Au bureau de l'Ingénieur ordinaire : MM. Biauz
Salomon.

Les acquisitions de terrains ont été effectuées, so
direction des Ingénieurs, par M. Intins, ancien ch
section des travaux de l'État.

Les entrepreneurs des divers lots ont été :

Pont-canal : Substructure maçonnée. — Société des Éta
ments Eiffel.
Ossature métallique. — MM. Daydé et Pillé.

Travaux autour de la culée de rive droite. — Société des E
sements Eiffel.

Dérivation de rive droite (6e lot). — M. Léonard.

Dérivation de rive gauche : 1er lot. — MM. Pangaud frères.
2e lot. — M. Pechverty.
3e lot. — M. Lhéritier.

Construction de portes de garde. — Société anonyme des F
de Franche-Comté.

Éclairage électrique : Bâtiments. — M. Petit.
Installation électrique. — MM. Sautter et H

Nevers, le 1er mars 1898.

N° 24

EXPÉRIENCES NOUVELLES
SUR L'ÉCOULEMENT EN DÉVERSOIR

(6e ARTICLE)

Par M. H. BAZIN, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Nous allons maintenant considérer les déversoirs dans lesquels les parois d'amont et d'aval, au lieu d'être verticales, sont établies suivant un talus plus ou moins incliné. Les conditions de l'écoulement se trouvent par là grandement modifiées. L'inclinaison du talus d'amont tend à diminuer la contraction au passage du seuil et, par suite, à augmenter le débit; quant au talus d'aval, son influence n'est pas toujours constante et varie suivant l'inclinaison. S'il ne s'éloigne pas trop de la verticale, la nappe, adhérente à ce talus pour les faibles débits, s'en détache à partir d'une certaine charge, et l'on obtient alors des nappes noyées en dessous, analogues à celles que nous avons étudiées sur les barrages à poutrelles; si, au contraire, le talus est peu incliné sur l'horizontale, la nappe ne peut s'en détacher et y reste appliquée pour toutes les charges; mais le débit peut varier beaucoup suivant l'inclinaison de ce talus. D'un autre côté, l'influence de la largeur du seuil étant considérable, ainsi qu'on l'a vu pour les barrages à poutrelles, les déversoirs à seuil épais et à talus doivent présenter une grande variété de résultats, chaque type ayant pour ainsi dire son échelle spéciale de

coefficients. Une semblable étude devrait donc, pour ê complète, s'étendre à un nombre très considérable de c particuliers. Sans les embrasser tous, les expériences, d nous allons rendre compte, sont cependant assez no breuses ; elles concernent des déversoirs avec t d'amont et d'aval diversement inclinés, et dont la cr d'abord établie à vive arête, a été ensuite portée à 0m, 0m,20 et même 0m,40 de largeur. Quelques séries com mentaires ont été exécutées en raccordant le seuil talus par des surfaces courbes ; on a expérimenté e sur quelques déversoirs à profil complètement courbe.

Nous partagerons ces nombreuses séries d'expérie en cinq groupes, savoir :

1° Déversoirs dont le parement d'aval est assez éloigné de la verticale pour permettre la formation nappes détachées du corps du barrage ;

2° Déversoirs dont le parement d'amont est vertic presque vertical, le talus d'aval ayant, au contraire. inclinaison assez faible sur l'horizontale pour que la n y reste toujours appliquée ;

3° Déversoirs présentant des deux côtés des talus inclinés (45° au plus) sur l'horizontale ;

4° Déversoirs à crêtes raccordées aux talus d'amont d'aval par des surfaces courbes ;

5° Déversoirs à profil complètement courbe.

Nous indiquerons, comme nous l'avons fait pour déversoirs inclinés en mince paroi, les pentes des t par une fraction telle que 3/2, dans laquelle le numérat représente la hauteur verticale correspondante à la l geur de base indiquée par le dénominateur. La fraction désigne ainsi un talus de 3 de hauteur pour 2 de b c'est-à-dire qu'elle est égale à la tangente de l'a formé par le plan du talus avec le plan horizontal.

Premier groupe.

PAREMENT D'AVAL VERTICAL OU PRESQUE VERTICAL.

Ce groupe comprend onze séries (*).

CHARGES h	$\frac{M'}{M}$	CHARGES h	$\frac{M'}{M}$	CHARGES h	$\frac{M'}{M}$	CHARGES h	$\frac{M'}{M}$	CHARGES h	$\frac{M'}{M}$
0,05	1,0003	0,15	1,0023	0,25	1,0050	0,35	1,0079	0,45	1,0106
0,06	1,0005	0,16	1,0026	0,26	1,0053	0,36	1,0082	0,46	1,0109
0,07	1,0006	0,17	1,0028	0,27	1,0056	0,37	1,0085	0,47	1,0112
0,08	1,0008	0,18	1,0031	0,28	1,0059	0,38	1,0087	0,48	1,0114
0,09	1,0010	0,19	1,0033	0,29	1,0062	0,39	1,0090	0,49	1,0117
0,10	1,0012	0,20	1,0036	0,30	1,0065	0,40	1,0093	0,50	1,0119
0,11	1,0014	0,21	1,0039	0,31	1,0068	0,41	1,0096	»	»
0,12	1,0016	0,22	1,0042	0,32	1,0071	0,42	1,0098	»	»
0,13	1,0018	0,23	1,0045	0,33	1,0073	0,43	1,0101	»	»
0,14	1,0021	0,24	1,0047	0,34	1,0076	0,44	1,0104	»	»

(*) Le niveau du canal de Bourgogne ayant été, par suite de pénurie d'eau, temporairement abaissé, la hauteur du déversoir de comparaison a été réduite de $1^m,13$ à 1 mètre pour un certain nombre de séries, et le coefficient applicable à ce déversoir doit, dans les calculs qui leur correspondent, subir une petite correction. Si l'on désigne par M et M' ses valeurs pour les hauteurs $1^m,13$ et 1 mètre, par γ et γ' les rapports $\left(\frac{h}{h+1,13}\right)^2$ et $\left(\frac{h}{h+1,00}\right)^2$, on a (voir *Annales des Ponts et Chaussées*, octobre 1888) :

$$\frac{M'}{M} = \frac{1+K\gamma'}{1+K\gamma},$$

K étant un coefficient numérique inférieur à l'unité : dans le cas particulier on peut faire K = 0,7 et, les quantités γ et γ' étant de petites fractions, poser simplement :

$$M' = M\,[1 + 0,7(\gamma' - \gamma)]\,;$$

Cette formule donne pour le rapport $\frac{M'}{M}$ les valeurs ci-après, à l'aide desquelles a été déterminé le coefficient M' pour les séries où la hauteur du déversoir-type avait été réduite à 1 mètre.

Séries n°s 125 à 135.

Déversoirs de 0m,50 de hauteur couronnés par une crête à arête vive et par [illegible] de 0m,10 et 0m,20 d'épaisseur.

(La flèche placée en tête des croquis indique le sens de l'écoulement. La p[illegible] des pressions est indiquée par un point.)

Série n° 125. — Crête à arête vive.

Juin 1894. — Température de l'eau : 19°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,502 ; largeur l = 1m,9906.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,000 ; largeur L = 1m,9866.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9980

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_2}$
	Nappes déprimées.			
	millim.	millim.		
1	96,9	99,6	0,4516	1,036
2	116,8	120,8	0,4530	1,041
3	133,9	140,3	0,4604	1,058
4	150,2	160,2	0,4715	1,082
5	162,4	179,8	0,4978	1,140
	Nappes noyées en dessous.			
6	173,8	199,7	0,5258	1,202
7	192,9	219,4	0,5178	1,181
8	210,8	240,0	0,5187	1,179
9	229,4	258,1	0,5100	1,155
10	249,6	279,9	0,5082	1,146
11	267,9	298,8	0,5047	1,133
12	289,7	320,2	0,4986	1,114
13	306,7	339,1	0,4996	1,112
14	328,4	360,7	0,4954	1,098
15	347,6	378,9	0,4905	1,082
16	365,6	398,8	0,4919	1,081
17	386,0	419,1	0,4892	1,070
18	404,9	438,6	0,4883	1,064
19	425,4	458,9	0,4863	1,055

Série n° 126. — Crête à [illegible]

Juin 1894. — Température de l'[illegible]

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,5[illegible] largeur l = 1m,9892.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,[illegible] largeur L = 1m,9885.

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m
	Nappes déprimées.		
	millim.	millim.	
1	89,9	99,0	[illegible]
2	109,8	121,6	[illegible]
3	126,0	139,8	[illegible]
4	142,6	160,9	[illegible]
5	158,6	180,7	[illegible]
	Nappes noyées en de[illegible]		
6	173,0	200,4	[illegible]
7	191,6	219,9	[illegible]
8	208,6	238,8	[illegible]
9	225,7	258,6	[illegible]
10	245,3	280,6	[illegible]
11	262,4	299,5	[illegible]
12	280,6	320,0	[illegible]
13	299,1	339,4	[illegible]
14	317,2	360,8	[illegible]
15	337,1	380,4	[illegible]
16	355,1	401,4	[illegible]
17	372,7	419,4	[illegible]
18	391,7	441,2	[illegible]
19	412,1	460,9	[illegible]

…ges observées		Coefficient du déversoir soumis à l'étude m	Rapport $\frac{m}{m_2}$
…soir …mis …ude	au déversoir de comparaison H		

…127. — Crête à arête vive.



… — Température de l'eau : 18°.

… à l'étude : hauteur 0m,502 ; …m,9900.
…paraison : hauteur 1m,000 ; …1m,9857. Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9978

…Nappes déprimées.

…m.	millim.		
…,8	98,7	0,4326	0,992
…,6	120,0	0,4384	1,008
…,1	139,8	0,4419	1,015
…,3	159,5	0,4454	1,021
…,2	180,0	0,4606	1,054
…,7	198,8	0,4728	1,079
…,2	219,4	0,4933	1,123

…nt adhérente au plan incliné d'aval … faibles charges jusqu'à celle de 0m,10 … crève et prend la forme déprimée ; …ne de nouveau à la charge h = 0m,204 …noyée en dessous, visiblement allongée, … éloigné du plan incliné.

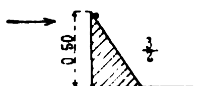
…pes noyées en dessous.

…,7	238,6	0,5072	1,152
…,7	259,1	0,4989	1,129
…,4	278,7	0,4935	1,112
…,3	298,7	0,4895	1,098
…,9	319,4	0,4885	1,091
…,0	339,7	0,4812	1,070
…,2	359,6	0,4823	1,068
…,7	378,0	0,4720	1,040
…,4	398,8	0,4746	1,041
…,9	418,2	0,4729	1,033
…,6	439,4	0,4726	1,027
…,3	459,0	0,4715	1,021

…yée en dessous conserve la même forme … fortes charges. Quand on abaisse le … transforme en nappe adhérente qui … h = 0m,200. La nappe déprimée ainsi …éprimée jusqu'aux très petites charges. …ces nos 13 et 15 ont été influencées par …al, dont le ressaut baignait le pied de …

Numéros des expériences	Charges observées		Coefficient du déversoir soumis à l'étude m	Rapport $\frac{m}{m_2}$
	au déversoir soumis à l'étude h	au déversoir de comparaison H		

Série n° 128. — Crête à arête vive.



Juin 1894. — Température de l'eau : 18°,5.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,502 ; largeur l = 1m,9900.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,000 ; largeur L = 1m,9860. Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9980

Nappes adhérentes.

	millim.	millim.		
1	89,9	99,1	0,5015	1,147
2	107,7	120,6	0,5104	1,173
3	124,1	139,0	0,5090	1,170
4	141,7	159,4	0,5107	1,173
5	160,3	179,6	0,5068	1,161
6	176,9	200,7	0,5159	1,179
7	191,1	217,5	0,5183	1,182
8	211,1	240,1	0,5179	1,177
9	224,7	256,9	0,5156	1,169
10	245,7	279,0	0,5178	1,168
11	257,1	290,1	0,5133	1,155

La nappe adhérente existant aux petites charges se maintient jusqu'à la transformation en nappe noyée en dessous, qui s'opère à h = 0m,268. — Si on part d'une nappe déprimée, elle se transforme en nappe adhérente à h = 0m,185. — Entre h = 0m,185 et h = 0m,268, la nappe adhérente est tout à fait stable : crevée, elle se reforme. C'est bien une nappe adhérente, analogue à celle des déversoirs à faces verticales ; les plis sont seulement moins accusés.

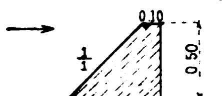
Nappes noyées en dessous.

12	271,5	297,3	0,4909	1,101
13	282,0	310,5	0,4955	1,109
14	295,0	320,1	0,4849	1,082
15	311,9	337,4	0,4834	1,075
16	334,2	360,4	0,4820	1,067
17	355,5	380,1	0,4766	1,050
18	375,1	400,2	0,4758	1,044
19	394,8	418,8	0,4725	1,032
20	414,7	439,9	0,4733	1,029
21	436,2	459,7	0,4696	1,016

La nappe noyée en dessous se maintient avec son pied nettement détaché de la face aval du déversoir jusqu'aux plus grandes charges. — En diminuant le débit, elle se transforme, à h = 0m,261, en une nappe adhérente qui peut subsister jusqu'aux plus faibles charges.

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_2}$

Série n° 129. — Crête de 0m,10 d'épaisseur.



Juillet 1894. — Température de l'eau : 22°.
Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,505 ; largeur l = 1m,9940.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,000 ; largeur L = 1m,9878.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9969

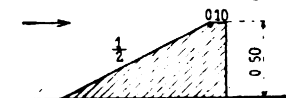
Nappes déprimées.

	millim.	millim.		
1	104,6	100,3	0,4064	0,933
2	121,8	120,3	0,4225	0,971
3	139,0	140,2	0,4343	0,997
4	155,9	160,4	0,4463	1,023
5	172,3	180,5	0,4577	1,047

Nappes noyées en dessous attachées au seuil.

6	186,6	199,7	0,4722	1,078
7	202,7	218,7	0,4778	1,087
8	221,3	240,7	0,4838	1,097
9	236,0	260,5	0,4952	1,120
10	253,2	280,4	0,4982	1,122
11	270,1	300,7	0,5029	1,129
12	287,5	321,9	0,5079	1,135
13	303,2	340,8	0,5116	1,140
14	319,4	360,5	0,5155	1,145
15	336,0	380,4	0,5187	1,148
16	354,8	400,6	0,5174	1,140
17	369,7	420,3	0,5236	1,150
18	386,0	439,8	0,5263	1,151
19	404,6	461,2	0,5276	1,149

Série n° 130. — Crête de 0m,10 d'épaisseur.



Juillet 1894. — Température de l'eau : 22°.
Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,505 ; largeur l = 1m,9953.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,000 ; largeur L = 1m,9888.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9967

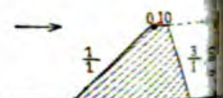
Nappes déprimées ou adhérentes instables.

1	83,7	79,5	0,4037	0,921
2	102,7	99,7	0,4138	0,950
3	120,8	119,1	0,4213	0,969
4	138,0	139,1	0,4339	0,997
5	155,5	159,9	0,4458	1,022
	millim.	millim.		
6	172,3	179,7	[illegible]	[illegible]

Nappes noyées en dessous attach[ées au seuil.]

7	188,5	200,1	[illegible]	[illegible]
8	204,8	218,4	[illegible]	[illegible]
9	221,9	239,1	[illegible]	[illegible]
10	239,6	259,1	[illegible]	[illegible]
11	255,4	279,1	[illegible]	[illegible]
12	274,1	299,7	[illegible]	[illegible]
13	291,5	320,9	[illegible]	[illegible]
14	308,3	340,0	[illegible]	[illegible]
15	326,0	360,0	[illegible]	[illegible]
16	342,4	378,9	[illegible]	[illegible]
17	361,9	401,1	[illegible]	[illegible]
18	378,2	419,8	[illegible]	[illegible]
19	396,2	440,6	[illegible]	[illegible]
20	409,1	456,3	[illegible]	[illegible]
21	428,8	479,5	[illegible]	[illegible]

Série n° 131. — Crête de 0m,10 [illegible]



Juillet 1894. — Température de [illegible]
Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,[illegible] largeur l = 1m,9940.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,[illegible] largeur L = 1m,9878.

Nappe déprimée.

1	105,9	100,3	[illegible]	[illegible]

Nappes adhérentes.

2	102,5	99,5	[illegible]	[illegible]
3	120,4	120,3	[illegible]	[illegible]
4	137,3	138,1	[illegible]	[illegible]
5	153,7	159,7	[illegible]	[illegible]
6	172,2	181,3	[illegible]	[illegible]
7	185,9	199,9	[illegible]	[illegible]
8	203,3	219,1	[illegible]	[illegible]
9	219,7	240,4	[illegible]	[illegible]

Nappes noyées en dessous attach[ées au seuil.]

10	235,9	259,9	[illegible]	[illegible]
11	254,8	280,9	[illegible]	[illegible]
12	271,3	300,8	[illegible]	[illegible]
13	287,6	320,8	[illegible]	[illegible]

…ES OBSERVÉES … soir …is …nde	au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_2}$
m.	millim.		
,2	340,8	0,5090	1,134
,0	358,8	0,5128	1,139
,9	378,5	0,5172	1,145
,0	399,3	0,5167	1,139
,0	420,1	0,5226	1,148
,5	438,5	0,5249	1,149
,3	461,1	0,5242	1,142
,2	481,5	0,5234	1,135

. — Crête de 0m,10 d'épaisseur.

0,10 — $\frac{1}{1}$ — $\frac{3}{2}$ — 0,50

…. — Température de l'eau : 22°.

…à l'étude : hauteur 0m,505; …m,9940.
…paraison : hauteur 1m,000; …1m,9878.
Rapport $\frac{L}{l} = 0,9969$

Nappes adhérentes.

…,8	99,6	0,4128	0,948
…,4	120,4	0,4251	0,977
…,2	139,4	0,4344	0,998
…,4	160,5	0,4488	1,029
…,8	180,8	0,4609	1,054
…,9	200,5	0,4663	1,064
…,8	219,1	0,4788	1,090
…,4	239,9	0,4876	1,106
…7,6	261,2	0,4921	1,112
…,9	280,7	0,5029	1,133
…,5	299,8	0,5108	1,147
…,4	320,4	0,5180	1,160
…7,1	339,2	0,5237	1,169

…s en dessous attachées au seuil.

…,3	359,5	0,5136	1,141
…,3	379,0	0,5174	1,145
…,3	401,3	0,5177	1,141
…,8	419,8	0,5225	1,147
…7,4	440,0	0,5238	1,146
…,0	460,7	0,5260	1,146

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_2}$

Série n° 133. — Crête de 0m,10 d'épaisseur.

0,10 — 0,50 — $\frac{3}{1}$

Juillet 1894. — Température de l'eau : 21°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,505; largeur l = 1m,9940.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,000; largeur L = 1m,9882.
Rapport $\frac{L}{l} = 0,9971$

Nappes déprimées.

	millim.	millim.		
1	106,6	98,5	0,3846	0,883
2	124,5	119,1	0,4028	0,926

Nappes adhérentes.

3	121,9	118,5	0,4127	0,949
4	139,2	138,7	0,4266	0,980
5	154,5	158,5	0,4445	1,019
6	172,3	179,5	0,4540	1,038
7	185,9	198,1	0,4692	1,071
8	203,1	219,0	0,4775	1,087
9	215,7	237,3	0,4922	1,117
10	233,9	259,1	0,4979	1,126
11	248,9	279,2	0,5079	1,145

Nappes noyées en dessous attachées au seuil.

12	265,4	299,1	0,5122	1,151
13	283,0	319,9	0,5151	1,153
14	298,5	339,5	0,5208	1,162
15	315,1	358,8	0,5224	1,161
16	333,8	380,6	0,5243	1,160

Nappes noyées en dessous détachées du seuil.

17	367,6	399,6	0,4889	1,074
18	391,3	419,4	0,4794	1,048
19	389,2	419,9	0,4842	1,059
20	410,4	439,3	0,4793	1,043
21	431,4	460,5	0,4783	1,036

Série n° 134. — Crête de 0m,10 d'épaisseur.

Juillet 1894. — Température de l'eau : 20°,5.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,505 ; largeur l = 1m,9937.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,000 ; largeur L = 1m,9867.
Rapport $\frac{L}{l} = 0{,}9965$

Numéros des expériences	Charges observées au déversoir soumis à l'étude h	Charges observées au déversoir de comparaison H	Coefficient au déversoir soumis à l'étude m	Rapport $\frac{m}{m_2}$
	Nappes adhérentes.			
	millim.	millim.		
1	106,8	99,3	0,3880	0,891
2	123,6	119,5	0,4090	0,940
3	139,7	138,4	0,4228	0,971
4	156,4	158,9	0,4378	1,003
5	173,0	179,6	0,4515	1,033
6	187,6	198,3	0,4633	1,057
7	202,3	217,5	0,4751	1,081
8	217,7	237,8	0,4867	1,105
9	234,0	259,0	0,4970	1,124
10	248,8	278,5	0,5061	1,141
11	264,1	300,2	0,5186	1,165
12	277,4	318,9	0,5280	1,183
13	293,9	339,8	0,5334	1,191
14	308,2	358,1	0,5380	1,198
15	323,3	377,4	0,5427	1,204
16	340,9	399,2	0,5463	1,207

Les dernières nappes adhérentes deviennent probablement noyées en dessous sans se détacher du seuil.

Nappes noyées en dessous détachées du seuil.

Numéros des expériences	h	H	m	$\frac{m}{m_2}$
17	382,2	419,0	0,4957	1,085
18	408,0	437,6	0,4804	1,046
19	430,1	458,2	0,4764	1,032
20	454,1	479,6	0,4712	1,016

Série n° 135. — Crête de 0m,[…]

Juin 1894. — Température de l[…]

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,[…]
largeur l = 1m,9916.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,[…]
largeur L = 1m,9882.

Numéros des expériences	Charges observées au déversoir soumis à l'étude h	Charges observées au déversoir de comparaison H	Coefficient au déversoir soumis à l'étude […]
	Nappes déprimées […]		
	millim.	millim.	
1	68,6	61,2	[illegible]
2	89,1	81,8	[illegible]
3	107,8	100,7	[illegible]
4	128,4	121,8	[illegible]
5	146,6	141,5	[illegible]
6	165,2	161,2	[illegible]
7	182,1	181,2	[illegible]
	Nappes noyées en de[…]		
8	200,7	200,5	[illegible]
9	217,0	219,6	[illegible]
10	236,0	240,5	[illegible]
11	253,3	259,7	[illegible]
12	272,2	281,2	[illegible]
13	286,7	299,4	[illegible]
14	308,3	323,5	[illegible]
15	321,1	338,7	[illegible]
16	341,5	361,8	[illegible]
17	358,5	381,8	[illegible]
18	375,2	400,2	[illegible]
19	389,0	419,2	[illegible]
20	410,3	440,7	[illegible]
21	430,5	463,2	[illegible]

Les résultats de ces expériences diffèrent notablem[…] les uns des autres, suivant l'inclinaison des talus et ai[…] suivant la largeur de la crête. Les valeurs de $\frac{m}{m'}$, obtenu[…] sur les déversoirs à vive arête, doivent être compar[…]

Inclinaison du talus d'amont..	3/1	1/2	Vertical	Vertical	Dévers. vertical en mince paroi	1/1	1/2	1/1	1/1	Vertical	Vertical	Dév. à poutrelles de 0m,10 d'épaisr	1/2	Dév. à poutrelles de 0m,20 d'épaisr
Inclinaison du talus d'aval...	Vertical	Vertical	3/1	3/2		Vertical	Vertical	3/1	3/2	3/1	3/2		Vertical	
Charges 0,10....	Nappes déprimées 1,035	Nappes déprimées 1,145	Nappes déprimées 0,995	Nappes adhérentes 1,165	Nappes déprimées 1,035	Nappes déprimées 0,925	Nappes déprimées 0,945	Nappes déprimées 0,910	Nappes adhérentes 0,940	Nappes déprimées 0,870	Nappes adhérentes 0,875	Nappes déprimées 0,880	Nappes déprimées 0,890	Nappes déprimées 0,780
Charges 0,15....	1,080	1,185	1,020	1,170	»	1,015.	1,015	Nappes adhérentes 1,015	1,020	Nappes adhérentes 1,005	0,990	»	0,940	0,835
Charges 0,20....	Nappes noyées en dessous 1,180	Nappes noyées en dessous 1,195	1,125	1,180	»	Nappes noyées en dessous 1,085	Nappes noyées en dessous 1,065	1,085	1,085	1,085	1,075	Nappes noyées en dessous 1,070	Nappes noyées en dessous 0,970	Nappes noyées en dessous 0,910
Charges 0,25....	1,145	1,180	Nappes noyées en dessous 1,115	1,160	Nappes noyées en dessous 1,130	1,120	1,095	Nappes noyées en dessous 1,115	1,130	1,145	1,145	1,130	1,000	0,960
Charges 0,30....	1,110	1,160	1,085	Nappes noyées en dessous 1,080 (a)	1,090	1,140	1,105	1,130	1,170	Nappes noyées en dessous 1,160	1,195	1,160	1,025	0,995
Charges 0,35....	1,080	1,145	1,045	1,055	1,060	1,145	1,105	1,140	Nappes noyées en dessous 1,140	1,165 (b)	1,210	»	1,040	1,030
Charges 0,40....	1,065	1,130	1,030	1,030	1,040	1,150	1,110	1,145	1,145	1,050	Nappes noyées en dessous (c) 1,060	(d) 1,045	1,055	1,060

(a) Le changement de forme de la nappe a lieu vers la charge 0m,27.
(b) La nappe noyée se détache du seuil vers la charge 0m,35.
(c) La nappe adhérente se transforme en nappe noyée détachée du seuil vers la charge 0m,35.
(d) La nappe noyée se détache du seuil vers la charge 0m,335.

NUMÉROS des expériences	CHA
Sé	

(60) à celles qui correspondent aux nappes noyées en paroi ; de même, il convient de rapprocher les v obtenues sur les déversoirs à crêtes de $0^m,10$ et 0^m celles que nous ont fournies les déversoirs à pou de même largeur. Le tableau ci-dessus (p. 159) ré pour les divers cas, les valeurs de $\frac{m}{m'}$ correspon aux charges $0^m,10$, $0^m,15$, ..., $0^m,40$ et $0^m,45$. Ces v ont été obtenues en régularisant par une constructio phique les données immédiates de l'observation ; à ce on a figuré chaque expérience par un point ayan abscisse la charge h, et pour ordonnée le coefficie et l'on a déterminé, à l'aide de ces points, une c moyenne ; c'est sur cette courbe, tracée à grande éc qu'ont été mesurées les ordonnées correspondan abscisses en nombre rond $0^m,10$, $0^m,15$, etc.

Toutes les séries se terminent par des nappes n en dessous ; mais elles débutent, soit par des n déprimées, soit par des nappes adhérentes, dont la n est indiquée dans la colonne correspondante du table

Si l'on considère d'abord les déversoirs à vive on voit que l'apparition de la nappe noyée en desso précédée de nappes déprimées, enfermant de l'air elles et le corps du barrage, sauf pour la pente av qui permet la production d'une nappe adhérente ; un que la nappe noyée est établie, son coefficient ne d pas beaucoup de celui de la nappe en mince paroi, q le parement d'amont est vertical ; il augmente lorsq parement prend les inclinaisons 3/1 et 3/2.

Sur les déversoirs à crête de $0^m,10$, des nappes rentes apparaissent lorsque le parement d'aval est in à 3/1 ou 3/2. Un élément de plus intervient, en outre, modifier le coefficient $\frac{m}{m'}$; c'est l'adhérence au seuil.

nt où cette adhérence disparaît, le coefficient dimi-
rusquement de 10 0/0. C'est ce qui a lieu pour les
séries nos 133 et 134, où le parement d'amont était
al ; la charge n'a pas atteint dans les autres une
· assez grande pour produire le détachement de la
, et le coefficient reste, dans les dernières expé-
s, supérieur à la valeur qu'il aurait sur le déver-
poutrelles, où la nappe se trouverait déjà détachée
a même charge.
ınt au déversoir à crête de $0^m,20$, il n'a été fait
e seule série d'expériences, l'aval étant vertical et
nt incliné à 1/2 ; par suite de l'augmentation de lar-
de la crête, la forme noyée n'apparait que plus tard,
ec un coefficient notablement moindre. Il est clair
es expériences plus nombreuses auraient conduit à
ésultats tout aussi variés que sur la crête de $0^m,10$.
sans aller plus loin, il ressort de l'ensemble de ces
que, sur un déversoir dont l'aval est à peu près ver-
la nappe noyée apparait toujours lorsque l'on atteint
harge assez élevée ; cette charge limite varie avec
clinaisons de l'amont et de l'aval ; il en est de même
elle qui correspond au détachement de la nappe,
l influe aussi sur la valeur du coefficient. Chaque
de déversoir exigerait donc une étude spéciale, et,
résence d'une telle complexité, il faut renoncer à
ir des formules générales.

Deuxième groupe.

REMENT D'AMONT VERTICAL OU PRESQUE VERTICAL.

nsidérons maintenant le cas où c'est, au contraire,
ont qui est à peu près vertical, l'aval étant réglé sui-
un talus plus doux.

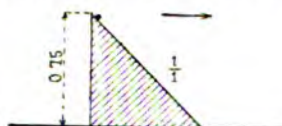
Séries nos 136 à 160.

Déversoirs de 0m,75, 0m,50 et 0m,35 de hauteur, couronnés par une crête à [illegible] et par des crêtes de 0m,10, 0m,20 et 0m,40 d'épaisseur.

(La flèche placée en tête des croquis indique le sens de l'écoulement. La [illegible] des pressions est indiquée par un point.)

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_1}$

Série n° 136. — Crête à arête vive. — Déversoir de 0m,75 de hauteur.



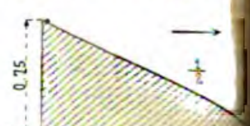
Avril 1894. — Température de l'eau : 13°,5.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,753 ; largeur l = 1m,9870.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,135 ; largeur L = 1m,9854.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9992

	millim.	millim.		
1	56,0	59,6	0,4865	1,091
2	74,7	79,7	0,4815	1,096
3	92,9	99,5	0,4803	1,102
4	111,6	120,2	0,4814	1,111
5	129,5	140,2	0,4831	1,118
6	147,6	159,9	0,4820	1,117
7	165,5	180,1	0,4842	1,122
8	182,3	198,9	0,4854	1,123
9	200,8	219,8	0,4874	1,126
10	217,5	238,5	0,4886	1,127
11	236,8	260,1	0,4900	1,128
12	253,2	279,8	0,4948	1,137
13	270,5	298,5	0,4941	1,134
14	290,4	321,2	0,4962	1,136
15	307,9	339,8	0,4950	1,131
16	325,6	360,5	0,4979	1,135
17	342,3	378,6	0,4975	1,132
18	359,8	398,8	0,4997	1,134
19	379,3	419,8	0,4993	1,130
20	396,0	438,6	0,5005	1,130
21	414,9	460,3	0,5023	1,132

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H

Série n° 137. — Crête à [illegible] Déversoir de 0m,75 de [illegible]



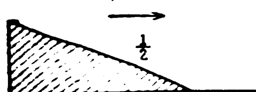
Mai 1894. — Température de l'[illegible]

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,[illegible] largeur l = 1m,9882.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,[illegible] largeur L = 1m,9857.

	millim.	millim.	
1	82,0	81,5	0,[illegible]
2	101,3	101,0	0,[illegible]
3	119,0	120,0	0,[illegible]
4	138,6	139,4	0,[illegible]
5	156,5	159,6	0,[illegible]
6	176,5	179,6	0,[illegible]
7	194,4	198,1	0,[illegible]
8	213,4	219,4	0,[illegible]
9	233,3	240,0	0,[illegible]
10	250,9	258,2	0,[illegible]
11	270,5	278,4	0,[illegible]
12	288,6	299,9	0,[illegible]
13	308,7	318,9	0,[illegible]
14	328,9	341,0	0,[illegible]
15	348,2	360,0	0,[illegible]
16	366,2	379,9	0,[illegible]
17	384,5	398,7	0,[illegible]
18	403,1	419,1	0,[illegible]

…es observées		Coefficient du déversoir soumis à l'étude m	Rapport $\frac{m}{m_2}$
…oir …is …de	au déversoir de comparaison H		

…. — Crête à arête vive. —
…ir de 0m,50 de hauteur.

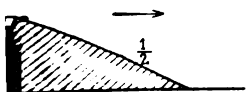


… — Température de l'eau : 17°.

…l'étude : hauteur 0m,502 ;
…,9910.
…raison : hauteur 1m,000 ;
…,9867.
Rapport $\frac{L}{l} = 0,9978$

…m.	millim.		
…2	59,4	0,4450	1,000
…5	80,4	0,4357	0,993
…8	100,0	0,4344	0,997
…3	120,2	0,4356	1,002
…9	139,8	0,4429	1,017
…8	161,7	0,4524	1,037
…1	180,5	0,4511	1,032
…0	201,4	0,4622	1,054
…0	218,6	0,4565	1,038
…1	238,6	0,4597	1,042
…1	258,9	0,4611	1,040
…2	280,9	0,4637	1,042
…7	298,3	0,4643	1,039
…3	320,5	0,4683	1,044
…7	340,4	0,4743	1,054
…7	359,6	0,4707	1,041
…6	380,8	0,4716	1,038
…0	400,5	0,4746	1,041
…0	418,9	0,4758	1,039
…2	439,9	0,4758	1,035
…8	464,6	0,4778	1,034

…. — Crête à arête vive. —
…oir de 0m,50 de hauteur.



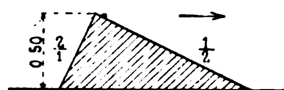
… — Température de l'eau : 17°,5.

…étude : hauteur 0m,502 ;
…909.
…aison : hauteur 1m,000 ;
…9886.
Rapport $\frac{L}{l} = 0,9988$

…	59,1	0,4561	1,024
…	79,7	0,4585	1,043
…	99,6	0,4641	1,064

Numéros des expériences	Charges observées au déversoir soumis à l'étude h	Charges observées au déversoir de comparaison H	Coefficient du déversoir soumis à l'étude m	Rapport $\frac{m}{m_2}$
	millim.	millim.		
4	114,3	118,8	0,4570	1,050
5	132,4	139,6	0,4651	1,069
6	152,4	160,8	0,4643	1,065
7	168,6	179,7	0,4706	1,077
8	187,6	199,7	0,4693	1,071
9	203,3	218,6	0,4764	1,084
10	223,7	239,2	0,4725	1,071
11	243,5	260,5	0,4734	1,069
12	259,9	280,0	0,4789	1,077
13	279,0	301,1	0,4808	1,077
14	295,5	319,2	0,4821	1,076
15	312,0	339,6	0,4883	1,086
16	333,0	360,7	0,4856	1,075
17	351,0	380,4	0,4868	1,073
18	369,2	401,9	0,4909	1,078
19	383,6	418,3	0,4927	1,079
20	404,5	439,1	0,4904	1,068
21	425,0	460,4	0,4898	1,062

Série n° 140. — Crête à arête vive. —
Déversoir de 0m,50 de hauteur.



Juin 1894. — Température de l'eau : 17°,5.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,502 ;
largeur l = 1m,9908.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,000 ;
largeur L = 1m,9863.
Rapport $\frac{L}{l} = 0,9977$

1	58,5	60,9	0,4696	1,055
2	76,8	80,3	0,4666	1,061
3	93,9	98,8	0,4677	1,072
4	113,2	118,6	0,4620	1,062
5	132,7	141,0	0,4699	1,080
6	148,7	157,5	0,4666	1,071
7	169,0	181,3	0,4747	1,087
8	184,2	198,1	0,4761	1,087
9	202,4	218,4	0,4783	1,089
10	219,3	236,9	0,4792	1,087
11	239,5	260,3	0,4842	1,094
12	255,2	277,2	0,4843	1,091
13	276,2	301,6	0,4889	1,096
14	293,0	318,5	0,4861	1,086
15	311,9	341,4	0,4920	1,094
16	329,2	359,3	0,4905	1,087
17	348,3	382,0	0,4951	1,093
18	364,3	398,1	0,4930	1,084
19	382,3	418,5	0,4951	1,084
20	401,2	440,2	0,4978	1,085
21	419,2	460,8	0,5000	1,086

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_1}$

Série n° 141. — Crête à arête vive. — Déversoir de 0m,75 de hauteur.

Avril et mai 1894. — Température de l'eau : 13°,5.
Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,753 ; largeur l = 1m,9872.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,135 ; largeur L = 1m,9852.
Rapport $\frac{L}{l} = 0{,}9990$

	millim.	millim.		
1	65,5	58,8	0,3771	0,853
2	85,8	78,9	0,3854	0,882
3	108,2	99,7	0,3831	0,884
4	129,7	119,1	0,3790	0,877
5	149,3	138,6	0,3836	0,889
6	171,2	159,6	0,3846	0,891
7	190,4	181,1	0,3957	0,915
8	211,0	198,4	0,3882	0,896
9	231,2	218,2	0,3901	0,899
10	250,8	238,0	0,3933	0,904
11	271,0	258,3	0,3960	0,908
12	291,6	278,6	0,3977	0,910
13	313,8	299,7	0,3978	0,908
14	339,3	322,6	0,3955	0,900
15	355,2	339,9	0,3996	0,907
16	377,2	360,2	0,3987	0,903
17	395,8	379,5	0,4016	0,907
18	417,4	399,9	0,4016	0,905
19	436,5	420,1	0,4047	0,909
20	446,2	429,5	0,4051	0,909

Série n° 142. — Crête à arête vive. — Déversoir de 0m,75 de hauteur.

Mai 1896. — Température de l'eau : 16°,5.
Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,753 ; largeur l = 1m,9882.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,135 ; largeur L = 1m,9857 ;
Rapport $\frac{L}{l} = 0{,}9987$

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_1}$
1	91,4	79,4	0,3537	0,811
	millim.	millim.		
2	112,6	100,0	[illegible]	
3	136,3	120,6	[illegible]	
4	155,3	137,3	[illegible]	
5	180,2	160,6	[illegible]	
6	203,0	180,4	[illegible]	
7	221,7	199,7	[illegible]	
8	242,5	219,4	[illegible]	
9	263,0	238,0	[illegible]	
10	285,5	259,2	[illegible]	
11	307,1	278,5	[illegible]	
12	329,0	300,0	[illegible]	
13	350,6	319,9	[illegible]	
14	372,8	340,5	[illegible]	
15	391,8	358,4	[illegible]	
16	415,3	380,0	[illegible]	
17	436,2	399,5	[illegible]	

Série n° 143. — Crête de 0m,[illegible] — Déversoir de 0m,50 de [illegible]

Juillet 1894. — Température de [illegible]

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,[illegible] largeur l = 1m,9933.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,[illegible] largeur L = 1m,9887.

Nappes adhérentes attachées [illegible]

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT
1	107,4	99,9	[illegible]
2	126,6	120,2	[illegible]
3	140,9	140,0	[illegible]
4	156,7	159,3	[illegible]
5	173,1	179,6	[illegible]
6	188,9	198,8	[illegible]
7	205,6	219,4	[illegible]
8	221,0	239,1	[illegible]
9	235,1	258,9	[illegible]
10	250,3	279,9	[illegible]
11	266,4	300,6	[illegible]
12	280,7	319,5	[illegible]
13	296,5	340,3	[illegible]
14	311,5	358,9	[illegible]
15	326,9	380,2	[illegible]
16	343,2	400,2	[illegible]
17	357,6	419,3	[illegible]
18	374,1	439,4	[illegible]

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_2}$

Série n° 127. — Crête à arête vive.



Juin 1894. — Température de l'eau : 18°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,502 ; largeur l = 1m,9900.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,000 ; largeur L = 1m,9857.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9978

Nappes déprimées.

	millim.	millim.		
1	98,8	98,7	0,4326	0,992
2	118,6	120,0	0,4384	1,008
3	137,1	139,8	0,4419	1,015
4	155,3	159,5	0,4454	1,021
5	171,2	180,0	0,4606	1,054
6	185,7	198,8	0,4728	1,079
7	199,2	219,4	0,4933	1,123

La nappe est adhérente au plan incliné d'aval depuis les très faibles charges jusqu'à celle de 0m,10 environ, où elle crève et prend la forme déprimée ; elle se transforme de nouveau à la charge h = 0m,204 en une nappe noyée en dessous, visiblement allongée, dont le pied est éloigné du plan incliné.

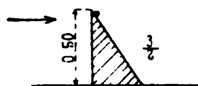
Nappes noyées en dessous.

8	212,7	238,6	0,5072	1,152
9	233,7	259,1	0,4989	1,129
10	253,4	278,7	0,4935	1,112
11	273,3	298,7	0,4895	1,098
12	292,9	319,4	0,4885	1,091
13	315,0	339,7	0,4812	1,070
14	333,2	359,6	0,4823	1,068
15	355,7	378,0	0,4720	1,040
16	374,4	398,8	0,4746	1,041
17	393,9	418,2	0,4729	1,033
18	414,6	439,4	0,4726	1,027
19	434,3	459,0	0,4715	1,021

La nappe noyée en dessous conserve la même forme jusqu'aux plus fortes charges. Quand on abaisse le débit, elle se transforme en nappe adhérente qui crève aussitôt à h = 0m,200. La nappe déprimée ainsi produite reste déprimée jusqu'aux très petites charges.

Les expériences nos 13 et 15 ont été influencées par la retenue d'aval, dont le ressaut baignait le pied de la nappe.

Série n° 128. — Crête à arête vive.



Juin 1894. — Température de l'eau : 18°,5.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,502 ; largeur l = 1m,9900.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,000 ; largeur L = 1m,9860.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9980

Nappes adhérentes.

	millim.	millim.		
1	89,9	99,1	0,5015	1,147
2	107,7	120,6	0,5104	1,173
3	124,1	139,0	0,5090	1,170
4	141,7	159,4	0,5107	1,173
5	160,3	179,6	0,5068	1,161
6	176,9	200,7	0,5159	1,179
7	191,1	217,5	0,5183	1,182
8	211,1	240,1	0,5179	1,177
9	224,7	256,9	0,5156	1,169
10	245,7	279,0	0,5178	1,168
11	257,1	290,1	0,5133	1,155

La nappe adhérente existant aux petites charges se maintient jusqu'à la transformation en nappe noyée en dessous, qui s'opère à h = 0m,268. — Si on part d'une nappe déprimée, elle se transforme en nappe adhérente à h = 0m,185. — Entre h = 0m,185 et h = 0m,268, la nappe adhérente est tout à fait stable : crevée, elle se reforme. C'est bien une nappe adhérente, analogue à celle des déversoirs à faces verticales ; les plis sont seulement moins accusés.

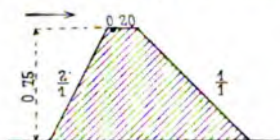
Nappes noyées en dessous.

12	271,5	297,3	0,4909	1,101
13	282,0	310,5	0,4955	1,109
14	295,0	320,1	0,4849	1,082
15	311,9	337,4	0,4834	1,075
16	334,2	360,4	0,4820	1,067
17	355,5	380,1	0,4766	1,050
18	375,1	400,2	0,4758	1,044
19	394,8	418,8	0,4725	1,032
20	414,7	439,9	0,4733	1,029
21	436,2	459,7	0,4696	1,016

La nappe noyée en dessous se maintient avec son pied nettement détaché de la face aval du déversoir jusqu'aux plus grandes charges. — En diminuant le débit, elle se transforme, à h = 0m,261, en une nappe adhérente qui peut subsister jusqu'aux plus faibles charges.

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_{1\ ou\ 2}}$
	millim.	millim.		
5	189,6	179,1	0,3923	0,895
6	211,8	198,9	0,3885	0,883
7	228,6	218,5	0,3987	0,903
8	249,1	238,1	0,3988	0,899
9	269,6	258,9	0,4021	0,903
10	290,1	278,5	0,4024	0,899
11	308,7	298,8	0,4080	0,908
12	331,0	319,7	0,4072	0,902
13	348,1	338,5	0,4119	0,909
14	370,0	359,7	0,4124	0,906
15	387,9	378,5	0,4153	0,908
16	409,8	400,4	0,4169	0,907
17	428,5	419,6	0,4190	0,908
18	449,2	440,8	0,4211	0,909
19	467,3	459,6	0,4233	0,910

Série n° 147. — Crête de 0m,20 d'épaisseur. — Déversoir de 0m,75 de hauteur.



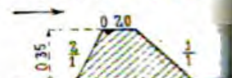
Octobre 1892. — Température de l'eau : 12°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,748 ; largeur l = 1m,9925.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,135 ; largeur L = 1m,9865.
Rapport $\frac{L}{l} = 0,9970$

1	70,6	59,6	0,3429	0,779
2	93,6	81,7	0,3552	0,815
3	113,8	100,1	0,3566	0,823
4	133,7	121,0	0,3698	0,856
5	153,5	140,8	0,3759	0,871
6	173,6	163,8	0,3907	0,905
7	192,9	185,1	0,3999	0,925
8	207,6	200,9	0,4045	0,934
9	223,8	221,1	0,4170	0,961
10	243,2	242,9	0,4238	0,975
11	257,7	259,8	0,4299	0,987
12	274,1	280,9	0,4409	1,011
13	290,4	299,4	0,4453	1,019
14	309,4	322,7	0,4535	1,036
15	324,1	340,1	0,4580	1,044
16	340,0	360,4	0,4653	1,059
17	355,5	380,3	0,4723	1,072
18	371,2	399,7	0,4775	1,082
19	385,8	416,8	0,4803	1,086
20	406,0	441,3	0,4854	1,095
21	424,9	468,1	0,4962	1,117

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m

Série n° 148. — Crête de 0m,[illegible] — Déversoir de 0m,35 de [illegible]

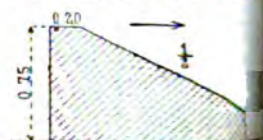


Octobre 1893. — Température [illegible]

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,[illegible] largeur l = 1m,9930.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,[illegible] largeur L = 1m,9860.

	millim.	millim.	
1	92,8	78,7	0,[illegible]
2	114,1	99,6	0,[illegible]
3	134,1	120,2	0,[illegible]
4	152,2	140,0	0,[illegible]
5	171,0	160,8	0,[illegible]
6	188,5	181,1	0,[illegible]
7	205,2	199,2	0,[illegible]
8	219,5	217,2	0,[illegible]
9	237,1	238,9	0,[illegible]
10	253,7	259,8	0,[illegible]
11	267,9	278,8	0,[illegible]
12	286,2	301,3	0,[illegible]
13	302,3	322,1	0,[illegible]
14	317,6	342,5	0,[illegible]
15	333,6	363,8	0,[illegible]
16	348,7	382,6	0,[illegible]
17	364,8	403,2	0,[illegible]
18	376,1	417,4	0,[illegible]
19	392,1	436,8	0,[illegible]
20	411,0	458,7	0,[illegible]

Série n° 149. — Crête de 0m,[illegible] — Déversoir de 0m,75 de [illegible]



Novembre 1893. — Température [illegible]

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,[illegible] largeur l = 1m,9865.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,[illegible] largeur L = 1m,9845.

1	75,4	60,2	0,[illegible]
2	96,8	78,9	0,[illegible]
3	118,9	99,6	0,[illegible]

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_2}$
	millim.	millim.		
14	304,2	340,8	0,5090	1,134
15	319,0	358,8	0,5128	1,139
16	334,9	378,5	0,5172	1,145
17	354,0	399,3	0,5167	1,139
18	370,0	420,1	0,5226	1,148
19	385,5	438,5	0,5249	1,149
20	406,3	461,1	0,5242	1,142
21	425,2	481,5	0,5234	1,135

Série n° 132. — Crête de 0^m,10 d'épaisseur.



Juillet 1894. — Température de l'eau : 22°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0^m,505 ; largeur l = 1^m,9940.
Déversoir de comparaison : hauteur 1^m,000 ; largeur L = 1^m,9878.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9969

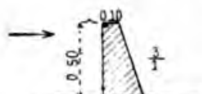
Nappes adhérentes.

1	102,8	99,6	0,4128	0,948
2	121,4	120,4	0,4251	0,977
3	138,2	139,4	0,4344	0,998
4	155,4	160,5	0,4488	1,029
5	171,8	180,8	0,4609	1,054
6	188,9	200,5	0,4663	1,064
7	202,8	219,1	0,4788	1,090
8	219,4	239,9	0,4876	1,106
9	237,6	261,2	0,4921	1,112
10	251,9	280,7	0,5029	1,133
11	266,5	299,8	0,5108	1,147
12	282,4	320,4	0,5180	1,160
13	297,1	339,2	0,5237	1,169

Nappes noyées en dessous attachées au seuil.

14	319,3	359,5	0,5136	1,141
15	335,3	379,0	0,5174	1,145
16	355,3	401,3	0,5177	1,141
17	369,8	419,8	0,5225	1,147
18	387,4	440,0	0,5238	1,146
19	405,0	460,7	0,5260	1,146

Série n° 133. — Crête de 0^m,10 d'épaisseur.



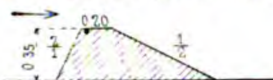
Juillet 1894. — Température de l'eau : 21°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0^m,505 ; largeur l = 1^m,9940.
Déversoir de comparaison : hauteur 1^m,000 ; largeur L = 1^m,9882.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9971

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_2}$
	Nappes déprimées.			
	millim.	millim.		
1	106,6	98,5	0,3846	0,883
2	124,5	119,1	0,4028	0,926
	Nappes adhérentes.			
3	121,9	118,5	0,4127	0,949
4	139,2	138,7	0,4266	0,980
5	154,5	158,5	0,4445	1,019
6	172,3	179,5	0,4540	1,038
7	185,9	198,1	0,4692	1,071
8	203,1	219,0	0,4775	1,087
9	215,7	237,3	0,4922	1,117
10	233,9	259,1	0,4979	1,126
11	248,9	279,2	0,5079	1,145
	Nappes noyées en dessous attachées au seuil.			
12	265,4	299,1	0,5122	1,151
13	283,0	319,9	0,5151	1,153
14	298,5	339,5	0,5208	1,162
15	315,1	358,8	0,5224	1,161
16	333,8	380,6	0,5243	1,160
	Nappes noyées en dessous détachées du seuil.			
17	367,6	399,6	0,4889	1,074
18	391,3	419,4	0,4794	1,048
19	389,2	419,9	0,4842	1,059
20	410,4	439,3	0,4793	1,043
21	431,4	460,5	0,4783	1,036

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_{1 \text{ ou } 3}}$

Série n° 152. — Crête de 0m,20 d'épaisseur. — Déversoir de 0m,35 de hauteur.

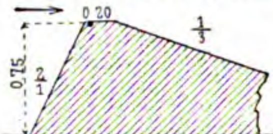


Septembre 1892. — Température de l'eau : 17°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,359 ; largeur l = 1m,9950.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,135 ; largeur L = 1m,9880.
Rapport $\frac{L}{l} = 0,9965$

	millim.	millim.		
1	71,4	60,5	0,3443	0,779
2	92,5	81,2	0,3581	0,816
3	114,3	101,6	0,3620	0,824
4	134,5	122,0	0,3709	0,841
5	152,4	141,5	0,3826	0,864
6	170,0	159,6	0,3885	0,873
7	191,8	184,1	0,3999	0,893
8	207,2	202,7	0,4108	0,912
9	223,7	221,3	0,4176	0,923
10	239,7	240,5	0,4266	0,937
11	255,7	258,4	0,4312	0,943
12	273,0	280,2	0,4418	0,961
13	289,7	299,4	0,4467	0,966
14	305,5	320,2	0,4564	0,982
15	320,8	338,1	0,4607	0,987
16	336,2	359,0	0,4703	1,002
17	353,9	380,0	0,4746	1,005
18	367,9	398,1	0,4808	1,013
· 19	383,7	418,1	0,4863	1,020
20	385,3	419,4	0,4856	1,018
21	404,4	444,8	0,4941	1,029
22	420,4	465,1	0,4989	1,034

Série n° 153. — Crête de 0m,20 d'épaisseur. — Déversoir de 0m,75 de hauteur.



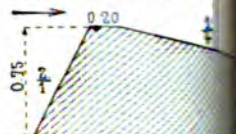
Décembre 1893 et janvier 1894. — Température de l'eau : 6°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,751 ; largeur l = 1m,9858.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,135 ; largeur L = 1m,9848.
Rapport $\frac{L}{l} = 0,999[illegible]$

1	72,5	60,9	0,3408	0,775

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déservoir soumis à l'étude h	au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m
	millim.	millim.	
2	91,8	78,5	[illegible]
3	113,8	98,2	[illegible]
4	113,9	99,4	[illegible]
5	134,4	119,5	[illegible]
6	154,1	138,3	[illegible]
7	175,9	161,1	[illegible]
8	194,4	180,8	[illegible]
9	212,3	199,0	[illegible]
10	213,8	200,3	[illegible]
11	231,8	219,8	[illegible]
12	232,5	220,8	[illegible]
13	248,4	238,2	[illegible]
14	268,1	259,6	[illegible]
15	285,7	278,8	[illegible]
16	302,8	298,4	[illegible]
17	305,2	300,2	[illegible]
18	321,6	320,1	[illegible]
19	336,1	335,2	[illegible]
20	356,8	359,2	[illegible]
21	374,0	377,6	[illegible]
22	393,2	399,0	[illegible]
23	393,0	399,6	[illegible]
24	410,7	418,3	[illegible]
25	428,0	439,1	[illegible]
26	437,9	449,3	[illegible]

Série n° 154. — Crête de 0m,[illegible] — Déversoir de 0m,75 de [illegible]



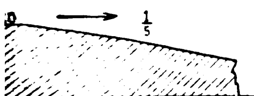
Février 1894. — Température de [illegible]

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,[illegible] largeur l = 1m,9860.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,[illegible] largeur L = 1m,9840.

1	72,2	60,2	[illegible]
2	93,8	79,7	[illegible]
3	113,9	99,2	[illegible]
4	136,5	120,1	[illegible]
5	155,2	140,1	[illegible]
6	176,2	160,1	[illegible]
7	195,9	181,0	[illegible]
8	215,3	200,5	[illegible]
9	232,1	220,9	[illegible]
10	250,8	240,2	[illegible]
11	271,0	259,8	[illegible]
12	288,5	278,7	[illegible]

…es observées		Coefficient du déversoir soumis à l'étude m	Rapport $\frac{m}{m_{1\,ou\,2}}$
…oir …ie …ide	au déversoir de comparaison H		
…m.	millim.		
…3	300,2	0,4095	0,935
…9	320,6	0,4123	0,939
…0	341,5	0,4186	0,952
…5	360,6	0,4204	0,954
…2	379,3	0,4245	0,961
…3	399,3	0,4282	0,967
…8	418,5	0,4298	0,968
…1	438,9	0,4334	0,974

— Crête de 0m,20 d'épaisseur.
…soir de 0m,50 de hauteur.



… — Temperature de l'eau : 22°.

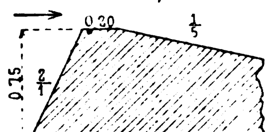
…à l'etude : hauteur 0m,503 ;
…m,9916.
…paraison : hauteur 1m,000 ;
…1m,9882.

Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9983

…,6	61,3	0,3360	0,763
…,0	80,9	0,3425	0,785
…,9	101,3	0,3407	0,783
…,0	120,3	0,3397	0,780
…,7	141,7	0,3555	0,815
…,1	160,7	0,3609	0,825
…,1	180,9	0,3647	0,830
…,1	201,8	0,3724	0,845
…,5	220,4	0,3770	0,852
…,0	239,9	0,3829	0,862
…7,9	260,3	0,3877	0,869
…,4	280,3	0,3937	0,879
…5,6	299,8	0,3969	0,882
…7,2	322,7	0,4019	0,890
…,5	340,2	0,4058	0,894
…3,7	361,4	0,4094	0,898
…,4	382,2	0,4114	0,898
…2,4	401,6	0,4150	0,903
…,1	420,6	0,4183	0,906
…,4	441,4	0,4219	0,910
…,0	461,9	0,4231	0,909

Numéros des expériences	Charges observées au déversoir soumis à l'étude h	Charges observées au déversoir de comparaison H	Coefficient du déversoir soumis à l'étude m	Rapport $\frac{m}{m_1}$

Série n° 156. — Crête de 0m,20 d'épaisseur. — Déversoir de 0m,75 de hauteur.



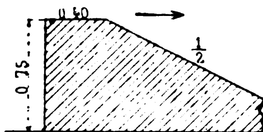
Janvier et février 1894. — Température de l'eau : 5°,5.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,751 ; largeur l = 1m,9859
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,135 ; largeur L = 1m,9849.

Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9995

	millim.	millim.		
1	74,9	63,4	0,3441	0,783
2	94,9	81,7	0,3488	0,801
3	116,6	102,0	0,3544	0,819
4	136,1	121,0	0,3611	0,836
5	155,0	138,5	0,3624	0,840
6	175,7	158,8	0,3675	0,851
7	194,6	178,8	0,3758	0,869
8	214,4	199,4	0,3821	0,882
9	232,9	218,2	0,3860	0,889
10	254,2	239,7	0,3897	0,895
11	270,8	257,9	0,3958	0,908
12	291,5	281,1	0,4035	0,923
13	310,4	298,5	0,4021	0,918
14	327,3	319,7	0,4119	0,938
15	347,2	338,3	0,4108	0,934
16	366,9	358,3	0,4126	0,936
17	386,4	379,3	0,4161	0,941
18	408,7	402,9	0,4194	0,946
19	425,0	418,8	0,4195	0,944
20	444,2	439,5	0,4227	0,949

Série n° 157. — Crête de 0m,40 d'épaisseur. — Déversoir de 0m,75 de hauteur.



Avril 1894. — Température de l'eau : 12°,5.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,751 ; largeur l = 1m,9873.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,135 ; largeur L = 1m,9860.

Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9993

1	73,5	60,2	0,3282	0,746
2	97,8	80,1	0,3238	0,745

à celles qui correspondent aux nappes noyées en mi
paroi ; de même, il convient de rapprocher les val
obtenues sur les déversoirs à crêtes de $0^m,10$ et $0^m,20$
celles que nous ont fournies les déversoirs à poutre
de même largeur. Le tableau ci-dessus (p. 159) rés
pour les divers cas, les valeurs de $\frac{m}{m'}$ correspond
aux charges $0^m,10$, $0^m,15$, ..., $0^m,40$ et $0^m,45$. Ces val
ont été obtenues en régularisant par une construction
phique les données immédiates de l'observation ; à cet
on a figuré chaque expérience par un point ayant
abscisse la charge h, et pour ordonnée le coefficient
et l'on a déterminé, à l'aide de ces points, une co
moyenne ; c'est sur cette courbe, tracée à grande éch
qu'ont été mesurées les ordonnées correspondant
abscisses en nombre rond $0^m,10$, $0^m,15$, etc.

Toutes les séries se terminent par des nappes no
en dessous ; mais elles débutent, soit par des na
déprimées, soit par des nappes adhérentes, dont la n
est indiquée dans la colonne correspondante du tablea

Si l'on considère d'abord les déversoirs à vive ar
on voit que l'apparition de la nappe noyée en dessous
précédée de nappes déprimées, enfermant de l'air e
elles et le corps du barrage, sauf pour la pente aval
qui permet la production d'une nappe adhérente ; une
que la nappe noyée est établie, son coefficient ne dif
pas beaucoup de celui de la nappe en mince paroi, qu
le parement d'amont est vertical ; il augmente lorsque
parement prend les inclinaisons 3/1 et 3/2.

Sur les déversoirs à crête de $0^m,10$, des nappes ad
rentes apparaissent lorsque le parement d'aval est inc
à 3/1 ou 3/2. Un élément de plus intervient, en outre, p
modifier le coefficient $\frac{m}{m'}$; c'est l'adhérence au seuil.

moment où cette adhérence disparaît, le coefficient diminue brusquement de 10 0/0. C'est ce qui a lieu pour les deux séries n°s 133 et 134, où le parement d'amont était vertical ; la charge n'a pas atteint dans les autres une valeur assez grande pour produire le détachement de la nappe, et le coefficient reste, dans les dernières expériences, supérieur à la valeur qu'il aurait sur le déversoir à poutrelles, où la nappe se trouverait déjà détachée pour la même charge.

Quant au déversoir à crête de 0m,20, il n'a été fait qu'une seule série d'expériences, l'aval étant vertical et l'amont incliné à 1/2 ; par suite de l'augmentation de largeur de la crête, la forme noyée n'apparait que plus tard, et avec un coefficient notablement moindre. Il est clair que des expériences plus nombreuses auraient conduit à des résultats tout aussi variés que sur la crête de 0m,10. Mais, sans aller plus loin, il ressort de l'ensemble de ces faits que, sur un déversoir dont l'aval est à peu près vertical, la nappe noyée apparait toujours lorsque l'on atteint une charge assez élevée ; cette charge limite varie avec les inclinaisons de l'amont et de l'aval ; il en est de même de celle qui correspond au détachement de la nappe, lequel influe aussi sur la valeur du coefficient. Chaque type de déversoir exigerait donc une étude spéciale, et, en présence d'une telle complexité, il faut renoncer à établir des formules générales.

Deuxième groupe.

PAREMENT D'AMONT VERTICAL OU PRESQUE VERTICAL.

Considérons maintenant le cas où c'est, au contraire, l'amont qui est à peu près vertical, l'aval étant réglé suivant un talus plus doux.

Séries n°s 136 à 160.

Déversoirs de $0^m,75$, $0^m,50$ et $0^m,35$ de hauteur, couronnés par une crête à ar[...] et par des crêtes de $0^m,10$, $0^m,20$ et $0^m,40$ d'épaisseur.

(La flèche placée en tête des croquis indique le sens de l'écoulement. La po[...] des pressions est indiquée par un point.)

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_1}$

Série n° 136. — Crête à arête vive. — Déversoir de $0^m,75$ de hauteur.

Avril 1894. — Température de l'eau : $13°,5$.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur $0^m,753$; largeur $l = 1^m,9870$.
Déversoir de comparaison : hauteur $1^m,135$; largeur $L = 1^m,9854$.
Rapport $\frac{L}{l} = 0,9992$

	millim.	millim.		
1	56,0	59,6	0,4865	1,091
2	74,7	79,7	0,4815	1,096
3	92,9	99,5	0,4803	1,102
4	111,6	120,2	0,4814	1,111
5	129,5	140,2	0,4831	1,118
6	147,6	159,9	0,4820	1,117
7	165,5	180,1	0,4842	1,122
8	182,3	198,9	0,4854	1,123
9	200,8	219,8	0,4874	1,126
10	217,5	238,5	0,4886	1,127
11	236,8	260,1	0,4900	1,128
12	253,2	279,8	0,4948	1.137
13	270,5	298,5	0,4941	1,134
14	290,4	321,2	0,4962	1,136
15	307,9	339,8	0,4950	1,131
16	325,6	360,5	0,4979	1,135
17	342,3	378,6	0,4975	1,132
18	359,8	398,8	0,4997	1,134
19	379,3	419,8	0,4993	1,130
20	396,0	438,6	0,5005	1,130
21	414,9	460,3	0,5023	1,132

Série n° 137. — Crête à arê[...] Déversoir de $0^m,75$ de h[...]

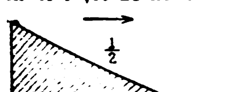
Mai 1894. — Température de l'ea[...]

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0^m,[...] largeur $l = 1^m,9882$.
Déversoir de comparaison : hauteur 1^m,[...] largeur $L = 1^m,9857$.

	millim.	millim.		
1	82,0	81,5	[illegible]	[illegible]
2	101,3	101,0	[illegible]	[illegible]
3	119,0	120,0	[illegible]	[illegible]
4	138,6	139,4	[illegible]	[illegible]
5	156,5	159,6	[illegible]	[illegible]
6	176,5	179,6	[illegible]	[illegible]
7	194,4	198,1	[illegible]	[illegible]
8	213,4	219,4	[illegible]	[illegible]
9	233,3	240,0	[illegible]	[illegible]
10	250,9	258,2	[illegible]	[illegible]
11	270,5	278,4	[illegible]	[illegible]
12	288,6	299,9	[illegible]	[illegible]
13	308,7	318,9	[illegible]	[illegible]
14	328,9	341,0	[illegible]	[illegible]
15	348,2	360,0	[illegible]	[illegible]
16	366,2	379,9	[illegible]	[illegible]
17	384,5	398,7	[illegible]	[illegible]
18	403,1	419,1	[illegible]	[illegible]

…ES OBSERVÉES (…soir …is …ude)	au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_2}$

…8. — Crête à arête vive. —
…oir de 0m,50 de hauteur.

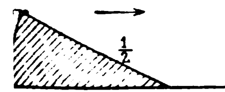


… — Température de l'eau : 17°.

…l'étude : hauteur 0m,502 ; …,9910.
…araison : hauteur 1m,000 ; …,9867.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9978

…m.	millim.		
…,2	59,4	0,4450	1,000
…,5	80,4	0,4357	0,993
…,8	100,0	0,4344	0,997
…,3	120,2	0,4356	1,002
…,9	139,8	0,4429	1,017
…,8	161,7	0,4524	1,037
…,1	180,5	0,4511	1,032
…,0	201,4	0,4622	1,054
…,0	218,6	0,4565	1,038
…,1	238,6	0,4597	1,042
…,1	258,9	0,4611	1,040
…,2	280,9	0,4637	1,042
…,7	298,3	0,4643	1,039
…,3	320,5	0,4683	1,044
…,7	340,4	0,4743	1,054
…,7	359,6	0,4707	1,041
…,6	380,8	0,4716	1,038
…,0	400,5	0,4746	1,041
…,0	418,9	0,4758	1,039
…,2	439,9	0,4758	1,035
…,8	464,6	0,4778	1,034

…9. — Crête à arête vive. —
…oir de 0m,50 de hauteur.



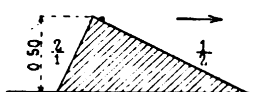
— Température de l'eau : 17°,5.

…l'étude : hauteur 0m,502 ; …909.
…raison : hauteur 1m,000 ; …,9886.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9988

[illegible]	59,1	0,4561	1,024
[illegible]	79,7	0,4585	1,043
[illegible]	99,6	0,4641	1,064

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_2}$
	millim.	millim.		
4	114,3	118,8	0,4570	1,050
5	132,4	139,6	0,4651	1,069
6	152,4	160,8	0,4643	1,065
7	168,6	179,7	0,4706	1,077
8	187,6	199,7	0,4693	1,071
9	203,3	218,6	0,4764	1,084
10	223,7	239,2	0,4725	1,071
11	243,5	260,5	0,4734	1,069
12	259,9	280,0	0,4789	1,077
13	279,0	301,1	0,4808	1,077
14	295,5	319,2	0,4821	1,076
15	312,0	339,6	0,4883	1,086
16	333,0	360,7	0,4856	1,075
17	351,0	380,4	0,4868	1,073
18	369,2	401,9	0,4909	1,078
19	383,6	418,3	0,4927	1,079
20	404,5	439,1	0,4904	1,068
21	425,0	460,4	0,4898	1,062

Série n° 140. — Crête à arête vive. —
Déversoir de 0m,50 de hauteur.

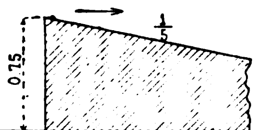


Juin 1894. — Température de l'eau : 17°,5.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,502 ; largeur l = 1m,9908.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,000 ; largeur L = 1m,9863.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9977

1	58,5	60,9	0,4696	1,055
2	76,8	80,3	0,4666	1,061
3	93,9	98,8	0,4677	1,072
4	113,2	118,6	0,4620	1,062
5	132,7	141,0	0,4699	1,080
6	148,7	157,5	0,4666	1,071
7	169,0	181,3	0,4747	1,087
8	184,2	198,1	0,4761	1,087
9	202,4	218,4	0,4783	1,089
10	219,3	236,9	0,4792	1,087
11	239,5	260,3	0,4842	1,094
12	255,2	277,2	0,4843	1,091
13	276,2	301,6	0,4889	1,096
14	293,0	318,5	0,4861	1,086
15	311,9	341,4	0,4920	1,094
16	329,2	359,3	0,4905	1,087
17	348,3	382,0	0,4951	1,093
18	364,3	398,1	0,4930	1,084
19	382,3	418,5	0,4951	1,084
20	401,2	440,2	0,4978	1,085
21	419,2	460,8	0,5000	1,086

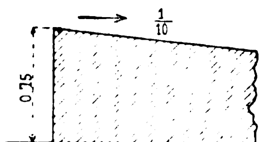
Série n° 141. — Crête à arête vive. — Déversoir de 0m,75 de hauteur.



Avril et mai 1894. — Température de l'eau : 13°,5.
Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,753 ; largeur l = 1m,9872.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,135 ; largeur L = 1m,9852.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9990

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_1}$
	millim.	millim.		
1	65,5	58,8	0,3771	0,853
2	85,8	78,9	0,3854	0,882
3	108,2	99,7	0,3831	0,884
4	129,7	119,1	0,3790	0,877
5	149,3	138,6	0,3836	0,889
6	171,2	159,6	0,3846	0,891
7	190,4	181,1	0,3957	0,915
8	211,0	198,4	0,3882	0,896
9	231,2	218,2	0,3901	0,899
10	250,8	238,0	0,3933	0,904
11	271,0	258,3	0,3960	0,908
12	291,6	278,6	0,3977	0,910
13	313,8	299,7	0,3978	0,908
14	339,3	322,6	0,3955	0,900
15	355,2	339,9	0,3996	0,907
16	377,2	360,2	0,3987	0,903
17	395,8	379,5	0,4016	0,907
18	417,4	399,9	0,4016	0,905
19	436,5	420,1	0,4047	0,909
20	446,2	429,5	0,4051	0,909

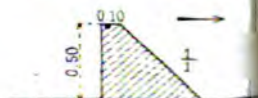
Série n° 142. — Crête à arête vive. — Déversoir de 0m,75 de hauteur.



Mai 1896. — Température de l'eau : 16°,5.
Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,753 ; largeur l = 1m,9882.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,135 ; largeur L = 1m,9857 ;
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9987

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_1}$
1	91,4	79,4	0,3537	0,811
	millim.	millim.		
2	112,6	100,0	[illegible]	
3	136,3	120,6	[illegible]	
4	155,3	137,3	[illegible]	
5	180,2	160,6	[illegible]	
6	203,0	180,4	[illegible]	
7	221,7	199,7	[illegible]	
8	242,5	219,4	[illegible]	
9	263,0	238,0	[illegible]	
10	285,5	259,2	[illegible]	
11	307,1	278,5	[illegible]	
12	329,0	300,0	[illegible]	
13	350,6	319,9	[illegible]	
14	372,8	340,5	[illegible]	
15	391,8	358,4	[illegible]	
16	415,3	380,0	[illegible]	
17	436,2	399,5	[illegible]	

Série n° 143. — Crête de 0m,10 [illegible] — Déversoir de 0m,50 de h[illegible]



Juillet 1894. — Température de l[illegible]

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,5[illegible] largeur l = 1m,9933.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,[illegible] largeur L = 1m,9887.

Nappes adhérentes attachées [illegible]

1	107,4	99,9	0,3[illegible]
2	126,6	120,2	0,[illegible]
3	140,9	140,0	0,4[illegible]
4	156,7	159,3	0,4[illegible]
5	173,1	179,6	0,4[illegible]
6	188,9	198,8	0,[illegible]
7	205,6	219,4	0,[illegible]
8	221,0	239,1	0,[illegible]
9	235,1	258,9	0,[illegible]
10	250,3	279,9	0,5[illegible]
11	266,4	300,6	0,5[illegible]
12	280,7	319,5	0,5[illegible]
13	296,5	340,3	0,5[illegible]
14	311,5	358,9	0,5[illegible]
15	326,9	380,2	0,5[illegible]
16	343,2	400,2	0,5[illegible]
17	357,6	419,3	0,5[illegible]
18	374,1	439,4	0,55[illegible]

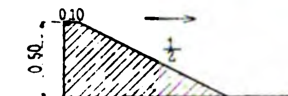
NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude *h*	au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude *m*	RAPPORT $\frac{m}{m_2}$

Nappes adhérentes détachées du seuil.

	millim.	millim.		
19	405,8	460,8	0,5250	1,143
20	417,4	472,7	0,5229	1,136

La transformation, manifestée par la variation du coefficient et de la pression, s'opère sans changement d'aspect. Les deux dernières expériences ont été classées sous le nom de nappes adhérentes détachées du seuil; mais il est possible que toute la nappe se détache au même moment de la face aval du déversoir, auquel cas on aurait alors une nappe noyée en dessous détachée du seuil.

Série n° 144. — Crête de 0m,10 d'épaisseur. — Déversoir de 0m,50 d'épaisseur.

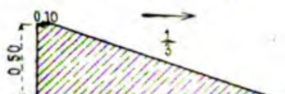


Juillet 1894. — Température de l'eau : 20°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,505 ; largeur l = 1m,9943.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,000 ; largeur L = 1m,9882.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9969

1	109,0	100,1	0,3808	0,875
2	127,8	120,8	0,3954	0,909
3	145,0	140,3	0,4081	0,937
4	162,7	160,9	0,4205	0,963
5	180,5	180,1	0,4255	0,972
6	197,7	201,0	0,4372	0,996
7	213,5	219,1	0,4433	1,007
8	230,8	240,3	0,4531	1,026
9	247,0	259,1	0,4588	1,035
10	263,8	280,2	0,4679	1,052
11	280,3	298,9	0,4714	1,056
12	298,2	320,6	0,4777	1,066
13	315,1	338,3	0,4774	1,061
14	336,7	360,3	0,4759	1,053
15	355,1	380,0	0,4766	1,051
16	375,4	401,4	0,4769	1,046
17	392,3	419,9	0,4784	1,045
18	412,0	440,4	0,4782	1,040
19	430,3	461,2	0,4811	1,043

Série n° 145. — Crête de 0m,10 d'épaisseur. — Déversoir de 0m,50 de hauteur.

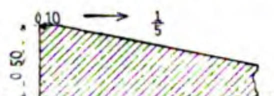


Juillet 1894. — Température de l'eau : 20°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,505 ; largeur l = 1m,9937 ;
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,000 ; largeur L = 1m,9867.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9965

	millim.	millim.		
1	109,6	99,9	0,3765	0,865
2	129,4	120,6	0,3870	0,889
3	147,0	139,7	0,3971	0,911
4	165,9	160,3	0,4059	0,929
5	182,6	180,0	0,4177	0,954
6	200,5	199,1	0,4218	0,960
7	219,6	219,6	0,4262	0,967
8	238,2	240,4	0,4322	0,977
9	254,9	258,5	0,4358	0,981
10	275,1	280,9	0,4409	0,989
11	293,5	299,4	0,4409	0,985
12	314,7	321,6	0,4425	0,984
13	331,3	340,0	0,4461	0,988
14	351,5	361,1	0,4474	0,986
15	369,0	380,4	0,4505	0,989
16	388,6	400,0	0,4502	0,984
17	406,7	419,0	0,4515	0,983
18	425,8	439,6	0,4538	0,984
19	447,5	461,8	0,4544	0,981

Série n° 146. — Crête de 0m,10 d'épaisseur. — Déversoir de 0m,50 de hauteur.



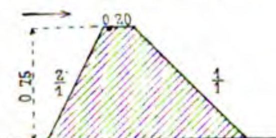
Juillet 1894. — Température de l'eau : 20°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,505 ; largeur l = 1m,9935.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,000 ; largeur L = 1m,9892.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9978

1	111,8	99,4	0,3632	0,835
2	133,4	120,5	0,3698	0,850
3	150,0	139,2	0,3837	0,880
4	171,9	158,9	0,3804	0,870

Numéros des expériences	Charges observées au déversoir soumis à l'étude h	Charges observées au déversoir de comparaison H	Coefficient du déversoir soumis à l'étude m	Rapport $\frac{m}{m_{1 \text{ ou } 2}}$
	millim.	millim.		
5	189,6	179,1	0,3923	0,895
6	211,8	198,9	0,3885	0,883
7	228,6	218,5	0,3987	0,903
8	249,1	238,1	0,3988	0,899
9	269,6	258,9	0,4021	0,903
10	290,1	278,5	0,4024	0,899
11	308,7	298,8	0,4080	0,908
12	331,0	319,7	0,4072	0,902
13	348,1	338,5	0,4119	0,909
14	370,0	359,7	0,4124	0,906
15	387,9	378,5	0,4153	0,908
16	409,8	400,4	0,4169	0,907
17	428,5	419,6	0,4190	0,908
18	449,2	440,8	0,4211	0,909
19	467,3	459,6	0,4233	0,910

Série n° 147. — Crête de 0m,20 d'épaisseur. — Déversoir de 0m,75 de hauteur.



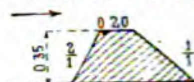
Octobre 1892. — Température de l'eau : 12°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,748 ; largeur l = 1m,9925.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,135 ; largeur L = 1m,9865.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9970

1	70,6	59,6	0,3429	0,779
2	93,6	81,7	0,3552	0,815
3	113,8	100,1	0,3566	0,823
4	133,7	121,0	0,3698	0,856
5	153,5	140,8	0,3759	0,871
6	173,6	163,8	0,3907	0,905
7	192,9	185,1	0,3999	0,925
8	207,6	200,9	0,4045	0,934
9	223,8	221,1	0,4170	0,961
10	243,2	242,9	0,4238	0,975
11	257,7	259,8	0,4299	0,987
12	274,1	280,9	0,4409	1,011
13	290,4	299,4	0,4453	1,019
14	309,4	322,7	0,4535	1,036
15	324,1	340,1	0,4580	1,044
16	340,0	360,4	0,4653	1,059
17	355,5	380,3	0,4723	1,072
18	371,2	399,7	0,4775	1,082
19	385,8	416,8	0,4803	1,086
20	406,0	441,3	0,4854	1,095
21	424,9	468,1	0,4962	1,117

Numéros des expériences	Charges observées au déversoir soumis à l'étude h	Charges observées au déversoir de comparaison H	Coeffi[illegible] du déversoir soumis à l'ét[illegible] m

Série n° 148. — Crête de 0m,20 d[illegible] — Déversoir de 0m,35 de h[illegible]

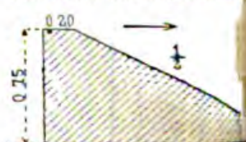


Octobre 1893. — Température de l[illegible]

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,35[illegible] largeur l = 1m,9930.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,13[illegible] largeur L = 1m,9860.

	millim.	millim.	
1	92,8	78,7	0,3[illegible]
2	114,1	99,6	0,35[illegible]
3	134,1	120,2	0,3[illegible]
4	152,2	140,0	0,3[illegible]
5	171,0	160,8	0,3[illegible]
6	188,5	181,1	0,40[illegible]
7	205,2	199,2	0,40[illegible]
8	219,5	217,2	0,41[illegible]
9	237,1	238,9	0,4[illegible]
10	253,7	259,8	0,4[illegible]
11	267,9	278,8	0,45[illegible]
12	286,2	301,3	0,45[illegible]
13	302,3	322,1	0,46[illegible]
14	317,6	342,5	0,47[illegible]
15	333,6	363,8	0,4[illegible]
16	348,7	382,6	0,49[illegible]
17	364,8	403,2	0,49[illegible]
18	376,1	417,4	0,49[illegible]
19	392,1	436,8	0,50[illegible]
20	411,0	458,7	0,50[illegible]

Série n° 149. — Crête de 0m,20 d[illegible] — Déversoir de 0m,75 de h[illegible]



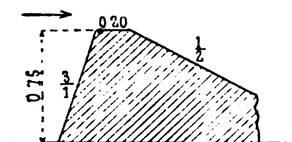
Novembre 1893. — Température de l[illegible]

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,75[illegible] largeur l = 1m,9865.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,13[illegible] largeur L = 1m,9845.

1	75,4	60,2	0,315[illegible]
2	96,8	78,9	0,32[illegible]
3	118,9	99,6	0,33[illegible]

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_1}$
	millim.	millim.		
4	138,8	118,8	0,3410	0,790
5	159,0	139,2	0,3513	0,814
6	178,6	159,5	0,3607	0,835
7	199,1	181,3	0,3705	0,856
8	214,8	197,0	0,3740	0,863
9	233,7	218,3	0,3841	0,885
10	249,8	237,6	0,3946	0,907
11	269,2	259,6	0,4030	0,925
12	287,2	280,9	0,4119	0,943
13	304,5	301,2	0,4193	0,958
14	320,4	318,7	0,4231	0,965
15	336,5	338,6	0,4308	0,981
16	355,6	360,0	0,4353	0,988
17	368,8	375,7	0,4396	0.997
18	390,5	400,5	0,4447	1,005
19	405,5	418,3	0,4492	1.013
20	422,2	437,5	0,4527	1,019
21	440,9	460,0	0,4580	1,029

Série n° 150. — Crête de 0^m,20 d'épaisseur. — Déversoir de 0^m,75 de hauteur.

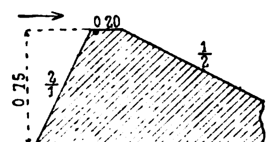


Novembre 1893. — Température de l'eau : 6°,5.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0^m,751 ; largeur l = 1^m,9865.
Déversoir de comparaison : hauteur 1^m,135 ; largeur L = 1^m,9850.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9992

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_1}$
	millim.	millim.		
1	75,5	60,2	0,3153	0,718
2	98,4	81,6	0,3297	0,758
3	115,6	99.6	0,3466	0,800
4	140,1	122,4	0,3515	0,814
5	156,0	139,6	0.3631	0,841
6	178,6	162,0	0,3692	0,855
7	194,2	180,8	0,3832	0,886
8	212,9	200,5	0,3892	0,898
9	229,1	218,6	0,3967	0.914
10	248,2	240,7	0,4063	0,934
11	265,3	259,9	0,4127	0,947
12	283,1	280,6	0,4203	0.963
13	299,3	299,2	0,4261	0,974
14	317,9	321,0	0,4328	0,987
15	334,0	339,8	0,4381	0,997
16	351,3	360,3	0,4439	1,008
17	370,7	381,6	0,4468	1,013
18	383,9	398,5	0,4529	1,025
19	400,8	417,2	0,4553	1.028
20	403,2	419,8	0,4555	1,028
21	420,8	440,1	0,4592	1,034
22	438,9	462,2	0,4645	1,044

Série n° 151. — Crête de 0^m,20 d'épaisseur. — Déversoir de 0^m,75 de hauteur.



Juillet et août 1892. — Température de l'eau : 24°.

Deversoir soumis à l'étude : hauteur 0^m,754 ; largeur l = 1^m.9962.
Déversoir de comparaison : hauteur 1^m,135 ; largeur L = 1^m,9865.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9951

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_1}$
	millim.	millim.		
1	61,3	50,9	0,3373	0,761
2	73,3	63,2	0,3508	0,798
3	93,6	80,6	0,3476	0,798
4	119,1	104,0	0,3473	0,803
5	135,7	121,7	0,3641	0,843
6	156,7	141,9	0,3679	0,852
7	163,8	149,6	0,3720	0,862
8	174,7	162,2	0,3807	0,881
9	195,9	183,8	0,3859	0,892
10	211,8	203,4	0,3990	0,921
11	230,7	223,7	0,4047	0,932
12	244,0	239,5	0,4120	0,948
13	251,8	247,5	0,4131	0,949
14	264,4	262,4	0,4191	0,962
15	280,9	280,2	0,4226	0,968
16	297,2	300,3	0,4311	0,986
17	313,6	319,7	0,4373	0,998
18	332,5	339,9	0,4395	1,001
19	339,0	349,8	0,4459	1,015
20	347,8	360,4	0,4493	1,021
21	368,7	382,3	0,4499	1,020
22	380,8	397,4	0,4546	1,029
23	400,7	420,3	0,4587	1,035
24	412,2	434,7	0,4629	1,044
25	431,8	457,6	0,4669	1,050

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_{1 \text{ ou } 3}}$

Série n° 152. — Crête de 0m,20 d'épaisseur. — Déversoir de 0m,35 de hauteur.

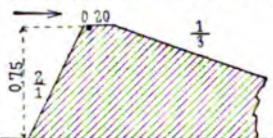


Septembre 1892. — Température de l'eau : 17°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,359 ; largeur l = 1m,9950.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,135 ; largeur L = 1m,9880.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9965

NUMÉROS des expériences	au déversoir soumis à l'étude h	au déversoir de comparaison H	Coefficient m	Rapport
	millim.	millim.		
1	71,4	60,5	0,3443	0,779
2	92,5	81,2	0,3581	0,816
3	114,3	101,6	0,3620	0,824
4	134,5	122,0	0,3709	0,841
5	152,4	141,5	0,3826	0,864
6	170,0	159,6	0,3885	0,873
7	191,8	184,1	0,3999	0,893
8	207,2	202,7	0,4108	0,912
9	223,7	221,3	0,4176	0,923
10	239,7	240,5	0,4266	0,937
11	255,7	258,4	0,4312	0,943
12	273,0	280,2	0,4418	0,961
13	289,7	299,4	0,4467	0,966
14	305,5	320,2	0,4564	0,982
15	320,8	338,1	0,4607	0,987
16	336,2	359,0	0,4703	1,002
17	353,9	380,0	0,4746	1,005
18	367,9	398,1	0,4808	1,013
19	383,7	418,1	0,4863	1,020
20	385,3	419,4	0,4856	1,018
21	404,4	444,8	0,4941	1,029
22	420,4	465,1	0,4989	1,034

Série n° 153. — Crête de 0m,20 d'épaisseur. — Déversoir de 0m,75 de hauteur.



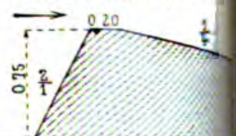
Décembre 1893 et janvier 1894. — Température de l'eau : 6°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,751 ; largeur l = 1m,9858.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,135 ; largeur L = 1m,9848.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9995

NUMÉROS des expériences	au déversoir soumis à l'étude h	au déversoir de comparaison H	Coefficient m	Rapport
1	72,5	60,9	0,3408	0,775

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déservoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m
	millim.	millim.	
2	91,8	78,5	[illegible]
3	113,8	98,2	[illegible]
4	113,9	99,4	[illegible]
5	134,4	119,5	[illegible]
6	154,1	138,3	[illegible]
7	175,9	161,1	[illegible]
8	194,4	180,8	[illegible]
9	212,3	199,0	[illegible]
10	213,8	200,3	[illegible]
11	231,8	219,8	[illegible]
12	232,5	220,8	[illegible]
13	248,4	238,2	[illegible]
14	268,1	259,6	[illegible]
15	285,7	278,8	[illegible]
16	302,8	298,4	[illegible]
17	305,2	300,2	[illegible]
18	321,6	320,1	[illegible]
19	336,1	335,2	[illegible]
20	356,8	359,2	[illegible]
21	374,0	377,6	[illegible]
22	393,2	399,0	[illegible]
23	393,0	399,6	[illegible]
24	410,7	418,3	[illegible]
25	428,0	439,1	[illegible]
26	437,9	449,3	[illegible]

Série n° 154. — Crête de 0m,2[illegible] — Déversoir de 0m,75 de [illegible]



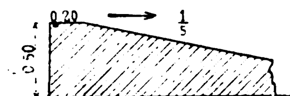
Février 1894. — Température de l'[illegible]

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,[illegible] largeur l = 1m,9860.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,1[illegible] largeur L = 1m,9840.

NUMÉROS des expériences	au déversoir soumis à l'étude h	au déversoir de comparaison H	Coefficient m
1	72,2	60,2	[illegible]
2	93,8	79,7	[illegible]
3	113,9	99,2	[illegible]
4	136,5	120,1	[illegible]
5	155,2	140,1	[illegible]
6	176,2	160,1	[illegible]
7	195,9	181,0	[illegible]
8	215,3	200,5	[illegible]
9	232,1	220,9	[illegible]
10	250,8	240,2	[illegible]
11	271,0	259,8	[illegible]
12	288,5	278,7	[illegible]

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_{1\text{ ou }2}}$
	millim.	millim.		
13	308,3	300,2	0,4095	0,935
14	327,9	320,6	0,4123	0,939
15	346,0	341,5	0,4186	0,952
16	364,5	360,6	0,4204	0,954
17	381,2	379,3	0,4245	0,961
18	399,3	399,3	0,4282	0,967
19	417,8	418,5	0,4298	0,968
20	436,1	438,9	0,4334	0,974

Série n° 155. — Crête de 0^m,20 d'épaisseur. — Déversoir de 0^m,50 de hauteur.



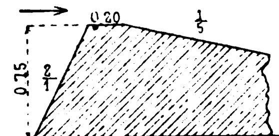
Juin 1894. — Température de l'eau : 22°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0^m,503 ; largeur l = 1^m,9916.
Déversoir de comparaison : hauteur 1^m,000 ; largeur L = 1^m,9882.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9983

1	73,6	61,3	0,3360	0,763
2	97,0	80,9	0,3425	0,785
3	118,9	101,3	0,3407	0,783
4	141,0	120,3	0,3397	0,780
5	160,7	141,7	0,3555	0,815
6	180,1	160,7	0,3609	0,825
7	201,1	180,9	0,3647	0,830
8	221,1	201,8	0,3724	0,845
9	239,5	220,4	0,3770	0,852
10	258,0	239,9	0,3829	0,862
11	277,9	260,3	0,3877	0,869
12	296,4	280,3	0,3937	0,879
13	315,6	299,8	0,3969	0,882
14	337,2	322,7	0,4019	0,890
15	353,5	340,2	0,4058	0,894
16	373,7	361,4	0,4094	0,898
17	394,4	382,2	0,4114	0,898
18	412,4	401,6	0,4150	0,903
19	430,1	420,6	0,4183	0,906
20	449,4	441,4	0,4219	0,910
21	470,0	461,9	0,4231	0,909

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_1}$

Série n° 156. — Crête de 0^m,20 d'épaisseur. — Déversoir de 0^m,75 de hauteur.

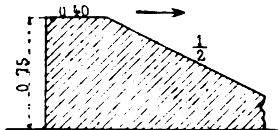


Janvier et février 1894. — Température de l'eau : 5°,5.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0^m,751 ; largeur l = 1^m,9859
Déversoir de comparaison : hauteur 1^m,135 ; largeur L = 1^m,9849.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9995

	millim.	millim.		
1	74,9	63,4	0,3441	0,783
2	94,9	81,7	0,3488	0,801
3	116,6	102,0	0,3544	0,819
4	136,1	121,0	0,3611	0,836
5	155,0	138,5	0,3624	0,840
6	175,7	158,8	0,3675	0,851
7	194,6	178,8	0,3758	0,869
8	214,4	199,4	0,3821	0,882
9	232,9	218,2	0,3860	0,889
10	254,2	239,7	0,3897	0,895
11	270,8	257,9	0,3958	0,908
12	291,5	281,1	0,4035	0,923
13	310,4	298,5	0,4021	0,918
14	327,3	319,7	0,4119	0,938
15	347,2	338,3	0,4108	0,934
16	366,9	358,3	0,4126	0,936
17	386,4	379,3	0,4161	0,941
18	408,7	402,9	0,4194	0,946
19	425,0	418,8	0,4195	0,944
20	444,2	439,5	0,4227	0,949

Série n° 157. — Crête de 0^m,40 d'épaisseur. — Déversoir de 0^m,75 de hauteur.



Avril 1894. — Température de l'eau : 12°,5.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0^m,751 ; largeur l = 1^m,9873.
Déversoir de comparaison : hauteur 1^m,135 ; largeur L = 1^m,9860.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9993

1	73,5	60,2	0,3282	0,746
2	97,8	80,1	0,3238	0,745

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_1}$
	millim.	millim.		
3	120,4	100,0	0,3280	0,758
4	145,0	121,4	0,3299	0,764
5	166,9	139,8	0,3288	0,762
6	190,2	160,6	0,3317	0,767
7	212,2	181,4	0,3371	0,778
8	233,3	200,9	0,3403	0,784
9	252,2	220,1	0,3470	0,798
10	272,6	239,2	0,3498	0,802
11	291,7	259,6	0,3574	0,818
12	314,1	280,3	0,3591	0,820
13	333,5	301,0	0,3655	0,832
14	352,6	320,6	0,3698	0,840
15	370,8	340,9	0,3765	0,853
16	389,3	360,0	0,3801	0,859
17	407,6	380,3	0,3855	0,869
18	425,0	398,1	0,3883	0,874
19	444,0	421,0	0,3959	0,889
20	449,4	428,1	0,3989	0,895

Série n° 158. — Crête de $0^{m},40$ d'épaisseur. — Déversoir de $0^{m},75$ de hauteur.



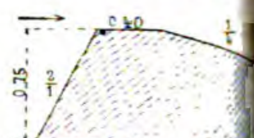
Avril 1894. — Température de l'eau : 11°,5.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur $0^{m},751$; largeur $l = 1^{m},9873$.
Déversoir de comparaison : hauteur $1^{m},135$; largeur $L = 1^{m},9860$.
Rapport $\frac{L}{l} = 0,9993$

1	71,5	60,9	0,3479	0,790
2	95,0	80,2	0,3389	0,779
3	116,9	100,7	0,3463	0,800
4	139,5	121,0	0,3479	0,806
5	161,8	141,3	0,3499	0,811
6	183,1	161,0	0,3524	0,816
7	204,9	181,6	0,3559	0,822
8	223,5	200,0	0,3606	0,831
9	243,8	219,4	0,3633	0,836
10	262,2	238,1	0,3682	0,845
11	283,8	260,5	0,3744	0,858
12	300,1	278,0	0,3799	0,869
13	321,8	301,5	0,3866	0,881
14	343,2	322,6	0,3889	0,884
15	358,9	339,2	0,3923	0,890
16	379,0	361,6	0,3983	0,902

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m
	millim.	millim.	
17	395,4	379,7	[illegible]
18	415,0	400,9	[illegible]
19	430,4	418,5	[illegible]
20	444,3	433,9	[illegible]

Série n° 159. — Crête de $0^{m},40$ ... — Déversoir de $0^{m},75$ de h...



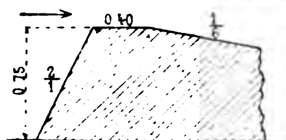
Février et mars 1894. — Tempéra...

Déversoir soumis à l'étude : hauteur $0^{m},7$... ; largeur $l = 1^{m},9845$.
Déversoir de comparaison : hauteur $1^{m},13$... ; largeur $L = 1^{m},9845$.

1	71,4	59,0	[illegible]
2	92,7	79,4	[illegible]
3	115,7	100,6	[illegible]
4	117,9	102,4	[illegible]
5	139,4	121,3	[illegible]
6	157,5	140,6	[illegible]
7	160,3	141,1	[illegible]
8	182,6	160,3	[illegible]
9	202,4	179,7	[illegible]
10	204,4	179,8	[illegible]
11	224,3	200,1	[illegible]
12	243,1	219,8	[illegible]
13	262,8	240,5	[illegible]
14	267,1	241,7	[illegible]
15	285,1	257,4	[illegible]
16	303,0	278,2	[illegible]
17	[illegible]	300,4	[illegible]
18	343,4	321,6	[illegible]
19	349,1	322,9	[illegible]
20	365,6	340,4	[illegible]
21	384,7	360,4	[illegible]
22	402,6	380,6	[illegible]
23	406,0	381,9	[illegible]
24	423,7	398,7	[illegible]
25	440,8	419,1	[illegible]
26	444,1	422,1	[illegible]

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_1}$	NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT au déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_1}$
	millim.	millim.				millim.	millim.		
1	137,7	120,0	0,3505	0,812	9	304,3	278,5	0,3731	0,853
2	159,1	139,2	0,3512	0,814	10	327,5	301,8	0,3772	0,859
3	181,0	159,6	0,3541	0,820	11	344,5	318,0	0,3784	0,860
4	202,7	180,6	0,3589	0,829	12	363,8	337,6	0,3818	0,866
5	224,3	200,4	0,3598	0,830	13	382,5	356,3	0,3842	0,869
6	243,6	219,0	0,3629	0,835	14	404,3	378,0	0,3868	0,873
7	263,2	237,2	0,3641	0,836	15	423,5	399,1	0,3919	0,882
8	283,7	258,4	0,3701	0,848	16	444,4	419,8	0,3937	0,884

Série n° 160. — Crête de 0m,40 d'épaisseur. — Déversoir de 0m,75 de hauteur.



Mars 1894. — Température de l'eau : 11°,5.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,751 ; largeur l = 1m,9873.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,135 ; largeur L = 1m,9863. Rapport $\frac{L}{l} = 0,9995$.

Il convient de résumer les nombreux résultats de ces 25 séries en indiquant, comme on l'a fait pour les séries n[os] 125 à 135, les valeurs de $\frac{m}{m'}$ qui correspondent aux charges 0m,10, 0m,15, 0m,20, etc.

	DÉVERSOIRS A VIVE ARÊTE							DÉ[illegible]
Nos des séries d'expériences	136	137	138	139	140	141	142	143
Inclinaison du talus d'amont	Vertical	Vertical	Vertical	3/1	2/1	Vertical	Vertical	Vertical
Inclinaison du talus d'aval	1/1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/5	1/10	1:1
Hauteurs des déversoirs	0,75	0,75	0,50	0,50	0,50	0,75	0,75	0,5[illegible]
Charges 0,10	1,105	0,990	0,995	1,050	1,065	0,880	0,820	0,8[illegible]
Charges 0,15	1,120	1,010	1,030	1,065	1,080	0,890	0,825	0,9[illegible]
Charges 0,20	1,125	1,015	1,040	1,070	1,090	0,900	0,830	1,0[illegible]
Charges 0,25	1,130	1,020	1,040	1,075	1,090	0,905	0,840	1,1[illegible]
Charges 0,30	1,130	1,020	1,045	1,075	1,090	0,910	0,840	1,1[illegible]
Charges 0,35	1,130	1,020	1,040	1,075	1,090	0,905	0,845	1,2[illegible]
Charges 0,40	1,130	1,025	1,035	1,070	1,085	0,905	0,845	1,1[illegible]

Sur les déversoirs à vive arête et à parement d'a[illegible] vertical, les rapports $\frac{m}{m'}$ sont à peu près constants [illegible] chaque série, leurs valeurs moyennes étant 1,13, 1,03, [illegible] et 0,84, suivant que la pente d'aval est de 1/1, 1/2, [illegible] 1/10. En inclinant le parement d'amont à 3/1 et à 2[illegible] il se produit, comme nous l'avons déjà fait voir, une [illegible]mentation de quelques centièmes.

Si l'on passe ensuite aux déversoirs à crêtes de 0m,[illegible] 0m,20 et 0m,40 de largeur, on constate que les coeffici[illegible] vont en croissant avec la charge : la série n° 143 acc[illegible] seule, dans ses dernières valeurs, une diminution bru[illegible] provenant du détachement de la nappe. Il faut, en ef[illegible] pour que la nappe quitte le seuil, une charge d'autant [illegible] grande que la crête est plus large et le talus d'aval [illegible] doux. Cette limite n'a généralement pas été atteinte, [illegible] les nappes sont restées attachées au seuil, sauf pour [illegible]

	DÉVERSOIRS A CRÊTE DE $0^m,20$									DÉVERSOIRS A CRÊTE de $0^m,40$			
[illegible]	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
[illegible]	2/1	Vertical	3/1	2/1	2/1	2/1	2/1	Vertical	2/1	Vertical	2/1	2/1	2/1
[illegible]	1/1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/3	1/4	1/5	1/5	1/2	1/2	1/4	1/6
…75	0,35	0,75	0,75	0,75	0,35	0,75	0,75	0,50	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
…820	0,785	0,745	0,760	0,800	0,820	0,795	0,795	0,785	0,805	0,750	0,785	0,795	0,790
…870	0,860	0,805	0,830	0,850	0,860	0,840	0,845	0,800	0,840	0,760	0,810	0,825	0,810
…930	0,900	0,855	0,890	0,900	0,905	0,890	0,880	0,830	0,870	0,770	0,820	0,825	0,830
…980	0,960	0,905	0,935	0,950	0,940	0,920	0,915	0,860	0,890	0,795	0,840	0,850	0,835
…025	1,010	0,950	0,975	0,990	0,980	0,950	0,930	0,880	0,920	0,820	0,870	0,855	0,850
…070	1,040	0,985	1,005	1,020	1,000	0,975	0,950	0,890	0,935	0,840	0,890	0,865	0,860
[illegible]	1,050	1,010	1,030	1,035	1,025	0,990	0,965	0,900	0,940	0,865	0,910	0,880	0,870

série n° 143 (talus d'aval à 1/1), où le détachement du seuil se traduit par un abaissement subit du coefficient qui descend de 1,21 à 1,14 ; la série suivante n° 144 (talus d'aval à 1/2) indique encore une faible tendance à la diminution de $\frac{m}{m'}$, tendance qui disparaît lorsque l'inclinaison de l'aval n'est plus que de 1/3 et 1/4.

Si on laisse de côté les résultats relatifs aux petites charges inférieures à $0^m,10$, qui présentent quelques irrégularités, les augmentations du coefficient $\frac{m}{m'}$, constatées dans chaque série, depuis la charge $0^m,10$ jusqu'à la plus forte charge expérimentée, se résument ainsi qu'il suit, en rappelant, pour servir de comparaison, quelques résultats concernant le déversoir à crête de $0^m,10$, séries n°s 133 et 134, et les déversoirs à seuil horizontal de $0^m,40$ et 2 mètres de largeur (séries n°s 113 et 115).

AUGMENTATION DU COEFFICIENT $\frac{m}{m'}$ A PARTIR DE LA CHARGE $0^m,10$.

	INCLINAISONS DU TALUS D'AVAL								
	VERTICAL	3/1	3/2	1/1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6
Déversoir à crête de $0^m,10$. — Amont vertical (*)	»	0,88 à 1,16 (série n° 133)	0,89 à 1,21 (série n° 134)	0,89 à 1,21 (série n° 143)	0,88 à 1,06 (série n° 144)	0,86 à 0,98 (série n° 145)	»	0,83 à 0,90 (série n° 146)	»
Déversoir à crête de $0^m,20$. — Amont vertical	»	»	»	»	0,75 à 1,03 (série n° 149)	»	»	0,78 à 0,91 (série n° 155)	»
Déversoir à crête de $0^m,20$. — talus d'amont à 2/1	»	»	»	0,82 à 1,12 (série n° 147)	0,80 à 1,05 (série n° 151)	0,86 à 1,00 (série n° 153)	0,80 à 0,97 (série n° 154)	0,80 à 0,95 (série n° 156)	»
Déversoir à crête de $0^m,40$. — Talus d'amont vertical	0,76 à 0,88 (série n° 113)	»	»	»	0,75 à 0,90 (série n° 157)	»	»	»	»
Déversoir à crête de $0^m,40$. — Talus d'amont à 2/1	»	»	»	»	0,79 à 0,93 (série n° 158)	»	0,80 à 0,89 (série n° 159)	»	0,80 à 0,88 (série n° 160)
Déversoir de $2^m,00$ de largeur. — Amont et aval verticaux	0,70 à 0,76 (série n° 115)	»	»	»	»	»	»	»	»

(*) Les valeurs extrêmes indiquées pour les séries n°s 133, 134, 143 et 144 correspondent au moment où la nappe est sur le point de se détacher du seuil ; on a vu que $\frac{m}{m'}$ s'abaisse brusquement dès que la nappe est détachée.

.a comparaison de ces chiffres montre : 1° que, pour même largeur de crête, $\frac{m}{m'}$ va en diminuant lorsque linaison du talus d'aval sur l'horizontale se réduit peu au à partir de 45° ; 2° que, toutes choses égales d'ail-s, c'est-à-dire pour les mêmes pentes d'amont et 'al, $\frac{m}{m'}$ diminue quand on augmente la largeur de la e.

Troisième groupe.

TALUS D'AMONT ET D'AVAL A PENTES DOUCES, NE DÉPASSANT PAS 45°.

es déversoirs que l'on rencontre dans la pratique t pas, le plus souvent, leurs parements d'amont et al presque verticaux, comme ceux que nous venons onsidérer, mais des talus inclinés à 45° au plus sur rizontale. Ce genre de dispositif a fait l'objet des es d'expériences ci-après, dans lesquelles on a réalisé, r trois largeurs de crêtes, les combinaisons des deux tes 1/1 et 1/2 d'amont avec les trois pentes 1/1, et 1/5 d'aval.

Séries nos 161 à 181.

Déversoirs de 0m,75 et de 0m,50 de hauteur, couronnés par une crête à [illegible] et par des crêtes de 0m,10 et 0m,20 d'épaisseur.

(La flèche placée en tête des croquis indique le sens de l'écoulement. — [illegible] du tube des pressions est indiquée par un point.)

Série n° 161. — Crête à arête vive. — Déversoir de 0m,50 de hauteur.



Novembre 1895. — Température de l'eau : 9°,5.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,504 ; largeur l = 1m,9943.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,000 ; Largeur L = 1m,9871.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9964

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_2}$
	millim.	millim.		
1	90,7	104,9	0,5373	1,230
2	107,9	125,0	0,5357	1,231
3	126,0	145,4	0,5308	1,220
4	144,1	165,8	0,5272	1,210
5	161,5	185,7	0,5259	1,205
6	177,2	204,8	0,5297	1,211
7	195,0	225,2	0,5289	1,205
8	211,3	244,7	0,5314	1,207
9	228,9	265,4	0,5331	1,207
10	245,2	285,6	0,5374	1,213
11	263,3	306,4	0,5373	1,208
12	280,3	326,4	0,5385	1,206
13	292,7	341,4	0,5405	1,207
14	302,7	350,9	0,5359	1,194
15	310,7	360,7	0,5374	1,196
16	322,0	372,0	0,5340	1,185
17	330,3	380,6	0,5323	1,179
18	341,1	390,8	0,5282	1,167
19	353,0	399,8	0,5196	1,145
20	361,9	409,3	0,5188	1,141
21	373,5	419,5	0,5139	1,127
22	385,2	430,3	0,5102	1,116
23	393,2	439,9	[illegible]	[illegible]
24	404,3	450,2	[illegible]	[illegible]
25	414,6	461,3	[illegible]	[illegible]

Série n° 162. — Crête à arê[illegible] Déversoir de 0m,50 de h[illegible]



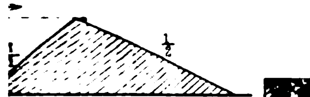
Novembre et décembre 1895. — Temp[illegible]

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,5[illegible] largeur l = 1m,2950.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,[illegible] largeur L = 1m,9870.

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m
1	92,1	105,1	[illegible]
2	109,8	125,6	[illegible]
3	126,0	144,5	[illegible]
4	143,9	164,7	[illegible]
5	161,3	185,2	[illegible]
6	178,7	205,4	[illegible]
7	196,6	225,5	[illegible]
8	212,5	243,5	[illegible]
9	230,2	264,4	[illegible]
10	247,2	284,7	[illegible]
11	264,1	305,0	[illegible]
12	281,5	324,7	[illegible]
13	299,4	344,9	[illegible]
14	316,3	363,9	[illegible]
15	335,3	384,6	[illegible]
16	354,7	404,1	[illegible]
17	376,6	425,6	[illegible]
18	395,4	445,0	[illegible]
19	411,5	461,0	[illegible]

…oir …is …ude	au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_2}$

…1. — Crête à arête vive. — …oir de 0m,50 de hauteur.



— Température de l'eau : 16°,5.

…l'étude : hauteur 0m,502 ; …,9918.
…raison : hauteur 1m,000 ; …m,9886.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9984

…m.	millim.		
,1	58,7	0,4746	1,063
,5	79,1	0,4781	1,086
,6	98,9	0,4786	1,096
,4	119,3	0,4775	1,097
,9	138,4	0,4779	1,098
,2	159,0	0,4759	1,092
,6	177,1	0,4816	1,102
,9	198,7	0,4917	1,123
,0	217,5	0,4880	1,111
,1	237,6	0,4993	1,134
,6	259,2	0,4966	1,123
,1	280,2	0,5017	1,130
,2	298,5	0,5006	1,124
,3	321,9	0,5038	1,126
,3	339,3	0,5062	1,128
,9	358,5	0,5060	1,123
,7	377,6	0,5052	1,117
,2	397,6	0,5071	1,117
,6	417,9	0,5076	1,113
,9	438,5	0,5129	1,121
,3	460,4	0,5199	1,132

…4. — Crête à arête vive. — …oir de 0m,50 de hauteur.



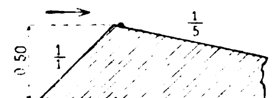
…894. — Température de l'eau : 15°,5.

…à l'étude : hauteur 0m,502 ; …m,9914.
…paraison : hauteur 1m,000 ; …1m,9874.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9980

…1,7	79,7	0,4811	1,093
…2,9	100,3	0,4861	1,113

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_2}$
	millim.	millim.		
3	111,8	120,5	0,4821	1,108
4	129,6	140,9	0,4867	1,119
5	147,2	159,5	0,4828	1,108
6	164,7	178,6	0,4826	1,105
7	180,5	198,2	0,4913	1,122
8	198,7	218,3	0,4915	1,119
9	214,6	236,8	0,4948	1,124
10	233,7	259,1	0,4990	1,129
11	249,2	277,2	0,5021	1,132
12	267,7	298,5	0,5046	1,133
13	286,4	320,1	0,5070	1,134
14	302,8	339,9	0,5111	1,139
15	320,6	358,7	0,5093	1,130
16	340,1	382,2	0,5136	1,135
17	354,5	398,8	0,5151	1,135
18	371,8	418,9	0.5172	1,135
19	389,3	440,0	0,5205	1,138
20	405,6	458,6	0,5217	1,136

Série n° 165. — Crête à arête vive. — Déversoir de 0m,50 de hauteur.



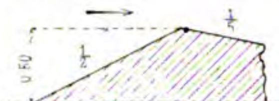
Novembre 1895. — Température de l'eau : 7°,5.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,504 ; largeur l = 1m,9946.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,000 ; largeur L = 1m,9883.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9968

1	102,8	104,6	0.4435	1,018
2	122,2	125.0	0,4447	1,023
3	141,6	145,1	0.4443	1,020
4	161,2	165,2	0,4433	1,016
5	180,9	185.0	0,4413	1,008
6	199,9	204,8	0,4422	1,007
7	219,6	225,0	0,4422	1,003
8	238,9	245.1	0,4433	1,002
9	257,1	264,7	0.4461	1,004
10	275,8	285,6	0,4506	1.010
11	295,5	306,7	0,4528	1,011
12	313,9	325,7	0,4531	1,007
13	332,6	345,1	0,4538	1,005
14	351.8	365.5	0,4553	1,004
15	371.1	385,7	0,4563	1,002
16	390,0	406,1	0,4584	1,002
17	408,9	425,2	0,4583	0,998
18	427,4	445.1	0,4601	0,997
19	441,5	462,4	0,4648	1,004

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_2}$

Série n° 166. — Crête à arête vive. — Déversoir de 0m,50 de hauteur.



Novembre 1895. — Température de l'eau : 7°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,504 ; largeur l = 1m,9952.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,000 ; largeur L = 1m,9867.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9957

	millim.	millim.		
1	100,6	104,4	0,4563	1,047
2	120,0	124,7	0,4548	1,046
3	139,0	144,5	0,4536	1,042
4	158,2	164,8	0,4538	1,040
5	175,7	184,3	0,4579	1,047
6	194,6	204,2	0,4579	1,044
7	213,2	223,9	0,4583	1,041
8	232,2	244,2	0,4596	1,040
9	250,4	264,3	0,4625	1,043
10	268,5	284,7	0,4663	1,047
11	288,8	306,5	0,4677	1,045
12	307,5	326,3	0,4681	1,042
13	325,2	345,6	0,4699	1,042
14	343,8	365,8	0,4714	1,041
15	362,0	385,2	0,4723	1,039
16	380,4	404,9	0,4731	1,037
17	398,8	424,8	0,4746	1,035
18	418,2	445,1	0,4748	1,032

Série n° 167. — Crête de 0m,10 d'épaisseur. — Déversoir de 0m,50 de hauteur.

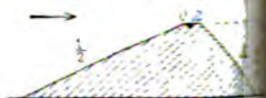


Juillet 1894. — Température de l'eau : 22°,5.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,505 ; largeur l = 1m,9940.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,000 ; largeur L = 1m,9878.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9969

1	104,0	100,1	0,4087	0,938
2	121,3	120,4	0,4256	0,979
	millim.	millim.		
3	138.3	140,0	0,[illegible]	
4	155,3	161,7	0,[illegible]	
5	172,7	180,9	0,[illegible]	
6	188,0	200,0	0,[illegible]	
7	204,7	220,1	0,[illegible]	
8	221,2	240,1	0,[illegible]	
9	238,1	261,6	0,[illegible]	
10	252,7	279,6	0,[illegible]	
11	270,0	301,3	0,[illegible]	
12	283,7	319,7	0,[illegible]	
13	301,0	341,0	0,[illegible]	
14	318,3	361,9	0,[illegible]	
15	330,7	379,5	0,[illegible]	
16	348,4	400,7	0,[illegible]	
17	363,8	419,5	0,[illegible]	
18	379,8	440,0	0,[illegible]	
19	397,5	461,8	0,[illegible]	
20	413,0	479,8	0,[illegible]	

Série n° 168. — Crête de 0m,10 [illegible] — Déversoir de 0m,50 de [illegible]



Juillet 1894. — Température de l'[illegible]

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,[illegible] ; largeur l = 1m,9954.
Deversoir de comparaison : hauteur 1m,[illegible] ; largeur L = 1m,9882.

1	101,0	98,7	0,[illegible]	
2	119,5	119,2	0,[illegible]	
3	135,6	138,7	0,[illegible]	
4	153,5	159,0	0,[illegible]	
5	170,9	179,5	0,[illegible]	
6	188,8	200,0	0,[illegible]	
7	204,1	218,9	0,[illegible]	
8	223,3	239,7	0,[illegible]	
9	240,2	259,8	0,[illegible]	
10	256,0	279,6	0,[illegible]	
11	273,9	300,4	0,[illegible]	
12	291,0	320,4	0,[illegible]	
13	307,5	340,5	0,[illegible]	
14	322,9	360,0	0,[illegible]	
15	340,5	380,3	0,[illegible]	
16	356,2	399,6	0,[illegible]	
17	372,0	420,5	0,[illegible]	
18	388,7	438,4	0,[illegible]	
19	408,1	461,1	0,[illegible]	
20	422,5	479,8	0,[illegible]	

... — Crête de 0m,10 d'épaisseur.
...rsoir de 0m,50 de hauteur.

... — Température de l'eau : 23°.

...à l'étude : hauteur 0m,505 ; ... 1m,9950.
...paraison : hauteur 1m,000 ; ... 1m,9882.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9966

...ES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_2}$
...lim.	millim.		
...3,9	98,8	0,4013	0,921
...3,0	119,4	0,4115	0,946
[illegible]	139,8	0,4268	0,980
[illegible]	159.2	0,4340	0,995
[illegible]	179,3	0,4430	1,013
...1,6	199,5	0,4530	1,033
...8,8	219,1	0,4582	1,042
...4,2	238,2	0,4669	1,058
...2,0	259,2	0,4731	1,068
...8,3	279,3	0,4805	1,081
...6,1	299,9	0,4845	1,086
...1,4	319,7	0,4923	1,100
...8,3	339,6	0,4961	1,104
...4,6	360,2	0,5023	1,114
...1,1	379.2	0,5045	1,115
...0,8	400.7	0,5109	1,125
...3,2	419,0	0,5137	1,127
[illegible]	439,6	0,5201	1,137
[illegible]	459,8	0,5218	1,137

... — Crête de 0m,10 d'épaisseur.
...ersoir de 0m,50 de hauteur.

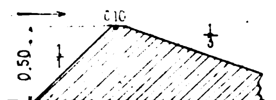
... — Température de l'eau : 9°.

...ude : hauteur 0m,504 ; ...43.
...raison : hauteur 1m,000 ; 1m,9913.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9985

h	H	m	$\frac{m}{m_2}$
[illegible]	104,6	0,4184	0,961
[illegible]	125,4	0,4300	0,989
...,8	144,4	0,4364	1,002
...,4	165,1	0,4488	1,014

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_2}$
	millim.	millim.		
5	178,6	184,5	0,4488	1,026
6	195,7	204,9	0,4576	1,043
7	213,7	225,6	0,4632	1,052
8	229,7	244,4	0,4689	1,062
9	247,5	265,5	0,4753	1,072
10	265,7	286,5	0,4796	1,078
11	282,5	305,5	0,4824	1,080
12	299,2	326,5	0,4895	1,092
13	307,6	336,9	0,4928	1,097
14	323,1	354,6	0,4948	1,098
15	340,0	374,7	0,4987	1,102
16	357,9	396,0	0,5027	1,107

Série n° 171. — Crête de 0m,10 d'épaisseur. — Déversoir de 0m,50 de hauteur.



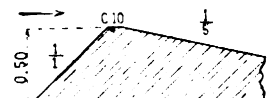
Juillet 1894. — Température de l'eau : 23°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,505 ; largeur l = 1m,9948.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,000 ; largeur L = 1m,9878.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9965

$n°$	h	H	m	$\frac{m}{m_2}$
1	105,3	99,1	0,3950	0,907
2	124,4	120,2	0,4086	0,939
3	142,6	140,2	0,4178	0,959
4	160,3	159,6	0,4246	0,973
5	179,2	179,9	0,4292	0,981
6	196,6	201,0	0,4407	1,004
7	214,4	219,4	0,4412	1,002
8	230,7	239,3	0,4504	1,019
9	248,8	259,6	0,4549	1,026
10	265,5	280,2	0,4633	1,041
11	282,6	299,0	0,4657	1.043
12	300,8	320,5	0,4712	1,051
13	317,2	339,2	0,4745	1,053
14	334,8	361,1	0,4813	1,065
15	351,6	380,3	0,4842	1,067
16	368,8	401,2	0,4891	1,074
17	385,6	420,7	0,4921	1,077
18	405,1	443,1	0,4949	1,078

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_2}$

Série n° 172. — Crête de 0m,10 d'épaisseur. — Déversoir de 0m,50 de hauteur.



Juillet 1894. — Température de l'eau : 23°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,505 ; largeur l = 1m,9940.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,000 ; largeur L = 1m,9893.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9976

	millim.	millim.		
1	108,6	100,8	0,3872	0,890
2	127,8	122,2	0,4025	0,925
3	147,1	141,3	0,4039	0,927
4	164,4	160,9	0,4143	0,949
5	183,8	181,0	0,4175	0,953
6	201,5	200,1	0,4223	0,961
7	220,2	219,8	0,4255	0,965
8	237,6	240,0	0,4333	0,979
9	255,7	259,5	0,4368	0,983
10	276,3	282,1	0,4414	0,989
11	293,5	300,4	0,4436	0,991
12	312,9	321,2	0,4460	0,992
13	331,2	340,7	0,4482	0,993
14	351,4	362,0	0,4499	0,992
15	367,4	381,4	0,4558	1,002
16	386,3	402,2	0,4586	1,003
17	403,9	421,4	0,4607	1,004
18	420,0	441,6	0,4670	1,014
19	441,9	462,4	0,4645	1,004

Série n° 173. — Crête de 0m,10 d'épaisseur. — Déversoir de 0m,50 de hauteur.



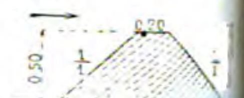
Juillet 1894. — Température de l'eau : 22°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,505 ; largeur l = 1m,9958.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,000 ; largeur L = 1m,9883.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9962

1	105,6	99,6	0,3962	0,910
2	125,0	119,7	0,4030	0,927

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m
	millim.	millim.	
3	143,8	141,0	[illegible]
4	162,2	159,2	[illegible]
5	181,4	180,2	[illegible]
6	200,4	199,5	[illegible]
7	217,8	219,8	[illegible]
8	234,5	238,2	[illegible]
9	254,6	259,8	[illegible]
10	272,7	279,7	[illegible]
11	292,9	300,6	[illegible]
12	311,3	320,8	[illegible]
13	327,5	339,7	[illegible]
14	346,9	360,7	[illegible]
15	364,8	379,9	[illegible]
16	384,1	401,7	[illegible]
17	400,8	419,3	[illegible]
18	419,2	440,1	[illegible]
19	422,7	443,1	[illegible]

Série n° 174. — Crête de 0m,20 [illegible] — Déversoir de 0m,50 de [illegible]



Novembre 1895. — Températ[illegible]

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,5[illegible] largeur l = 1m,9945.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,[illegible] largeur L = 1m,9895.

1	112,5	104,2	[illegible]
2	131,9	124,4	[illegible]
3	151,3	144,4	[illegible]
4	169,6	164,7	[illegible]
5	187,5	184,6	[illegible]
6	204,8	204,1	[illegible]
7	223,0	224,8	[illegible]
8	238,9	244,5	[illegible]
9	256,3	265,9	[illegible]
10	271,6	285,1	[illegible]
11	288,7	305,1	[illegible]
12	305,1	325,2	[illegible]
13	322,1	344,8	[illegible]
14	338,5	364,9	[illegible]
15	356,0	386,4	[illegible]
16	372,0	406,1	[illegible]
17	386,7	425,8	[illegible]
18	404,3	446,1	[illegible]
19	418,1	462,2	[illegible]

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_{1 \text{ ou } 2}}$

Série n° 175. — Crête de 0^m,20 d'épaisseur. — Déversoir de 0^m,50 de hauteur.

Novembre 1895. — Température de l'eau : 10°,5.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0^m,504 ; largeur l = 1^m,9948.
Déversoir de comparaison : hauteur 1^m,000 ; largeur L = 1^m,9905.
Rapport $\frac{L}{l} = 0,9978$

	millim.	millim.		
1	109,9	103,4	0,3950	0,908
2	128,5	123,6	0,4061	0,933
3	148,7	143,2	0,4054	0,930
4	167,5	163,3	0,4119	0,943
5	185,4	183,9	0,4220	0,963
6	203,4	203,8	0,4281	0,974
7	221,5	223,9	0,4337	0,984
8	238,6	243,3	0,4396	0,993
9	255,4	263,6	0,4482	1,009
10	272,7	284,2	0,4554	1,022
11	289,5	303,8	0,4607	1,029
12	307,0	323,9	0,4649	1,035
13	323,7	344,1	0,4710	1,045
14	342,5	365,6	0,4747	1,049
15	357,9	383,9	0,4790	1,055
16	375,0	403,1	0,4811	1,055
17	392,5	423,4	0,4845	1,058
18	410,8	444,0	0,4869	1,059
19	423,5	459,7	0,4908	1,065

Série n° 176. — Crête de 0^m,20 d'épaisseur. — Déversoir de 0^m,75 de hauteur.

Décembre 1893. — Température de l'eau : 5°,5.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0^m,751 ; largeur l = 1^m,9868.
Déversoir de comparaison ; hauteur 1^m,135 ; largeur L = 1^m,9848.
Rapport $\frac{L}{l} = 0,9990$

	millim.	millim.		
1	72,5	61,3	0,3439	0,782
2	90,4	76,6	0,3413	0,783
3	111,3	99,0	0,3636	0,839
4	132,6	119,5	0,3684	0,853
5	150,7	138,9	0,3795	0,879
6	172,4	161,3	0,3867	0,896
7	188,5	179,9	0,3977	0,920
8	208,0	200,2	0,4021	0,929
9	223,6	218,3	0,4104	0,946
10	243,0	240,0	0,4175	0,960
11	262,5	262,3	0,4251	0,976
12	277,6	279,2	0,4296	0,985
13	297,0	302,3	0,4376	1,001
14	313,0	320,0	0,4409	1,006
15	331,9	341,2	0,4449	1,013
16	347,4	360,6	0,4518	1,027
17	364,8	380,0	0,4547	1,031
18	380,7	398,5	0,4586	1,038
19	397,2	419,5	0,4652	1,051
20	413,3	437,6	0,4676	1,054
21	433,0	461,4	0,4727	1,063

Série n° 177. — Crête de 0^m,20 d'épaisseur. — Déversoir de 0^m,50 de hauteur.

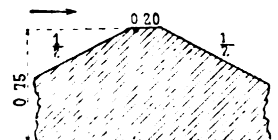
Novembre 1895. — Température de l'eau : 12°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0^m,504 ; largeur l = 1^m,9946.
Déversoir de comparaison : hauteur 1^m,000 ; largeur L = 1^m,9890.
Rapport $\frac{L}{l} = 0,9972$

1	111,9	103,8	0,3863	0,888
2	132,0	125,2	0,3972	0,913
3	151,7	144,7	0,3993	0,916
4	169,9	163,9	0,4050	0,927
5	188,2	184,0	0,4127	0,942
6	207,3	204,5	0,4180	0,950
7	225,3	224,5	0,4242	0,961
8	242,2	243,8	0,4309	0,973
9	259,3	264,0	0,4389	0,987
10	276,4	285,1	0,4482	1,005
11	294,2	306,8	0,4562	1,019
12	310,6	326,4	0,4621	1,028
13	328,5	346,7	0,4658	1,032
14	344,5	366,3	0,4716	1,041
15	361,0	385,4	0,4753	1,046
16	379,0	405,7	0,4779	1,047

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_{1 \text{ ou } 2}}$
	millim.	millim.		
17	395,0	425,9	0,4840	1,057
18	410,4	443,6	0,4867	1,059
19	422,5	459,8	0,4924	1,069

Série n° 178. — Crête de 0m,20 d'épaisseur. — Déversoir de 0m,75 de hauteur.



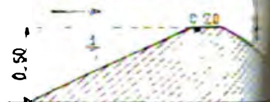
Novembre 1893. — Température de l'eau : 6°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,751 ; largeur l = 1m,9865.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,135 ; largeur L = 1m,9845.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9990

1	68.0	58.3	0,3522	0,798
2	91,2	81.3	0,3673	0,843
3	111,9	100,5	0,3686	0,851
4	131,6	121,9	0,3837	0,888
5	149.9	140,9	0,3907	0,905
1	169,6	161.8	0,3981	0,922
7	187,1	180,4	0,4038	0,934
8	203,8	198,5	0.4093	0,945
9	223,5	219,7	0,4147	0,956
10	240,8	238.4	0,4190	0,964
11	258,3	258,9	0,4271	0,981
12	276,4	278.8	0.4315	0,989
13	294.6	300.0	0,4379	1,002
14	313.4	319,9	0,4398	1,004
15	330,3	340,4	0,4467	1,018
16	348,1	360,0	0,4493	1,021
17	364,7	379,5	0,4540	1,030
18	383,8	400.7	0,4567	1,033
19	400.4	419,7	0,4600	1,038
20	416,5	438,3	0,4633	1,044
21	434,2	458.9	0,4670	1,050

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m

Série n° 179. — Crête de 0m,20 d[illegible] — Déversoir de 0m,50 de h[illegible]



Novembre 1895. — Température de l'[illegible]

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,50[illegible] largeur l = 1m,9946.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,00[illegible] largeur L = 1m,9905.

	millim.	millim.	
1	111,1	104,2	0,3[illegible]
2	131,6	125,3	0,3[illegible]
3	149,4	143,9	0,4[illegible]
4	170,1	165,1	0,4[illegible]
5	187,3	184.6	0,4[illegible]
6	205,6	204,8	0,4[illegible]
7	223.1	223,4	0,4[illegible]
8	241.0	243,3	0,4[illegible]
9	259,5	264,5	0,4[illegible]
10	276,9	285,4	0,4[illegible]
11	295,1	306,4	0,4[illegible]
12	312,0	326,2	0,4[illegible]
13	328,7	345,9	0,4[illegible]
14	345.9	364,5	0,4[illegible]
15	362,9	384,5	0,4[illegible]
16	380,2	404,6	0,4[illegible]
17	395,9	424,1	0,4[illegible]
18	413,7	445,3	0,4[illegible]
19	427,7	462,7	0,4[illegible]

Série n° 180. — Crête de 0m,20 d[illegible] — Déversoir de 0m,50 de h[illegible]



Novembre 1895. — Température de l'[illegible]

Déversoir soumis à l'etude : hauteur 0m,50[illegible] largeur l = 1m,9947.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,00[illegible] largeur L = 1m,9870.

1	113,8	104,8	0,3[illegible]
2	133,9	125,1	0,3[illegible]

…arges observées		Coefficient du déversoir soumis à l'étude	Rapport
au …versoir …mis l'étude h	au déversoir de comparaison H	m	$\frac{m}{m_2}$
…llim.	millim.		
…5,0	146,3	0,3925	0,900
…5,4	167,1	0,3970	0,908
…4,0	186,1	0,4007	0,913
…1,7	205,3	0,4069	0,925
…1,6	225,9	0,4104	0,929
…1,0	246,6	0,4151	0,936
…8,8	265,4	0,4188	0,940
…7,7	286,2	0,4240	0,948
…7,3	308,3	0,4301	0,958
…,6	327,1	0,4334	0,961
[illegible]	347,0	0,4363	0,964
…1,6	366,4	0,4383	0,964
…9,4	386,3	0,4423	0,969
…7,1	405,4	0,4447	0,971
…6,9	426,4	0,4468	0,971
…6,3	447,3	0,4492	0,972
…7,8	462,1	0,4542	0,980

… — Crête de 0m,20 d'épaisseur.
…versoir de 0m,50 de hauteur.

0,20 1/5
1/2

… — Température de l'eau : 21°,5.

…à l'étude : hauteur 0m.503 ; … 1m,9916.
…paraison : hauteur 1m,000 ; … 1m,9882.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9983

…7,0	60,4	0,3789	0,857

Numéros des expériences	Charges observées		Coefficient du déversoir soumis à l'étude	Rapport
	au déversoir soumis à l'étude h	au déversoir de comparaison H	m	$\frac{m}{m_2}$
	millim.	soumis		
2	88,6	81,6	0,3858	0,882
3	108,6	100,6	0,3863	0,887
4	129,1	120,8	0,3900	0,896
5	148,2	141,2	0,3993	0,916
6	169,0	160,7	0,3970	0,909
7	189,6	182,3	0,4030	0,919
8	206,5	200,7	0,4092	0,931
9	226,7	220,8	0,4105	0,930
10	243,2	238,7	0,4153	0,938
11	262,7	260,0	0,4210	0,946
12	280,5	279,9	0,4267	0,955
13	299,5	300,6	0,4311	0,961
14	318,4	321,0	0,4345	0,965
15	338,9	343,8	0,4394	0,971
16	353,6	359,5	0,4413	0,972
17	374,6	382,3	0,4447	0,975
18	389,8	399,7	0,4484	0,980
19	409,3	421,3	0,4518	0,983
20	427,7	440,8	0,4534	0,983
21	446,3	462,3	0,4578	0,988

Les tableaux suivants résument, sous une forme suc…ncte, la marche générale des valeurs de $\frac{m}{m'}$ dans les …iverses séries. Chaque case des trois tableaux corres…ond à une des six combinaisons des inclinaisons 1/1 et …/2 du talus d'amont avec les inclinaisons 1/1, 1/2 et …/5 du talus d'aval. Les quatre nombres inscrits dans …haque case sont les valeurs approchées à 0,005 près du

coefficient $\frac{m}{m'}$, pour les charges 0^m,10, 0^m,20, 0^m,3[illegible] 0^m,40. Afin de n'avoir que des résultats absolument c[illegible] parables, on n'a pas fait figurer dans ces tableau[illegible] série n° 171 (talus d'aval à 1/3) et les séries n[illegible] et 178, exécutées sur un déversoir de 0^m,75 de haut[illegible]

DÉVERSOIR DE 0^m,50 DE HAUTEUR. — CRÊTE A VIVE ARÊTE.

		INCLINAISON DU TALUS D'AVAL		
		1/1	1/2	1/3
Inclinaison du talus d'amont	1/1	Série n° 161 1,230 1,205 1,200 1,110	Série n° 163 1,095 1,110 1,125 1,125	Série n° [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
	1/2	Série n° 162 1,205 1,190 1,180 1,125	Série n° 164 1,110 1,120 1,135 1,135	Série n° [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]

DÉVERSOIR DE 0^m,50 DE HAUTEUR. — CRÊTE DE 0^m,10 DE LARG[illegible]

		INCLINAISON DU TALUS D'AVAL		
		1/1	1/2	1/3
Inclinaison du talus d'amont	1/1	Série n° 167 0,930 1,080 1,150 1,180	Série n° 169 0,915 1,040 1,100 1,135	Série n° [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] 1,005
	1/2	Série n° 168 0,950 1,070 1,110 1,130	Série n° 170 0,950 1,045 1,090 1,115	Série n° [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]

DÉVERSOIR DE $0^m,50$ DE HAUTEUR. — CRÊTE DE $0^m,20$ DE LARGEUR.

		INCLINAISON DU TALUS D'AVAL		
		1/1	1/2	1/5
Inclinaison du talus d'amont	1/1	Série n° 174 0,875 0,960 1,050 1,095	Série n° 177 0,875 0,950 1,020 1,055	Série n° 180 0,865 0,915 0,955 0,970
	1/2	Série n° 175 0,895 0,970 1,030 1,060	Série n° 179 0,895 0,960 1,015 1,050	Série n° 181 0,885 0,925 0,960 0,980

Les valeurs de $\frac{m}{m'}$ vont, comme toujours, en décroissant lorsque l'on augmente la largeur de la crête ; quant à l'influence des diverses inclinaisons des deux talus, on reconnaît aisément que celle du talus d'aval est de beaucoup la plus importante ; dans la plupart des cas, $\frac{m}{m'}$ croît avec la charge ; mais, si l'on veut se rendre plus complètement compte de la marche de ce coefficient, il faut considérer en particulier le cas des déversoirs à vive arête, qui se distingue nettement de celui des déversoirs à crête large.

Déversoirs à vive arête.

Pente aval 1/1. — Le coefficient, décroissant quand la charge h augmente, est sensiblement le même pour les deux pentes 1/1 et 1/2 de l'amont ; supérieur à 1,20, pour les plus faibles charges, il s'abaisse à 1,11 ou 1,12 pour les plus élevées, mais cette décroissance n'est pas uniforme ; très lente jusqu'à la charge $h = 0^m,30$, elle se prononce brusquement au delà, sans doute par suite du détachement de la nappe.

Pente aval 1/2. — Au lieu de décroître quand la

charge augmente, $\frac{m}{m'}$ croît un peu avec elle, de 1,1
1,13, sa valeur restant à peu près la même pour les d
pentes d'amont 1/1 et 1/2.

Pente aval 1/5. — Coefficient presque indépendant
h, décroissant de 1,015 à 1,00 pour la pente amont 1
et de 1,045 à 1,035 pour la pente amont 1/2.

Déversoirs à crêtes de 0m,10 et 0m,20.

Le coefficient croît toujours avec la charge ; mais
limites entre lesquelles s'opère cette variation diffè
dans chaque cas.

INCLINAISON DU TALUS		CRÊTE DE 0m,10	CRÊTE DE 0m,20
amont	aval	$\frac{m}{m'}$ va en croissant	$\frac{m}{m'}$ va en croissant
$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	De 0,930 à 1,180	De 0,875 à 1,095
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{1}$	De 0,950 à 1,130	De 0,895 à 1,060
$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{2}$	De 0,915 à 1,135	De 0,875 à 1,055
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	De 0,950 à 1,115	De 0,895 à 1,050
$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{5}$	De 0,875 à 1,005	De 0,865 à 0,970
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{5}$	De 0,905 à 1,010	De 0,885 à 0,960

S'il était possible d'augmenter indéfiniment la char
et en même temps la hauteur du déversoir, les conditi
de l'écoulement se rapprocheraient progressivement
celles d'un déversoir à vive arête, la largeur de la cr
devenant de plus en plus négligeable devant les dim
sions générales du barrage. Les séries de coeffici
relatives aux crêtes d'une certaine largeur ne saurai

donc être étendues fort au-delà des limites expérimentales entre lesquelles elles ont été obtenues ; si elles pouvaient être suffisamment prolongées, elles devraient converger vers celles qui correspondent au déversoir à vive arête, dans lequel on n'a plus à considérer que l'inclinaison des talus d'amont et d'aval. Celle de l'amont, en déterminant la direction des filets liquides qui constituent la face inférieure de la nappe, modifie la contraction à l'entrée, et par suite le débit ; celle de l'aval, à son tour, agit en modifiant les pressions sous la nappe.

Lorsque la largeur de la crête n'est plus négligeable, l'inclinaison de l'aval détermine, en outre, la limite de charge à partir de laquelle la nappe se détache du seuil, ce qui change brusquement les conditions de l'écoulement ; cette limite dépend aussi, dans une certaine mesure, de la vitesse d'arrivée, ou, ce qui revient au même, du rapport de la charge h à la hauteur p du déversoir. Une formule complète devrait donc comprendre, outre les pentes des deux talus, les deux rapports $\frac{h}{c}$ et $\frac{h}{p}$, c'est-à-dire qu'elle ne peut qu'être excessivement compliquée.

Quatrième groupe.

TALUS RACCORDÉS PAR UNE SURFACE COURBE AVEC LE COURONNEMENT DU BARRAGE.

Dans le but de rechercher dans quelle limite un arrondissement du couronnement des déversoirs à talus peut influer sur leur débit, nous avons expérimenté sur sept types de barrages, en donnant au talus d'amont l'inclinaison presque verticale 5/1 et au talus d'aval les pentes 1/3 et 1/5. L'arête amont a été arrondie suivant un quart de cercle de $0^m,05$, $0^m,10$ ou $0^m,20$ de rayon.

Séries nos 182 à 188.

Déversoirs de 0m,50 de hauteur, couronnés par une crête dont les arêtes [illegible]

(La flèche placée en tête des croquis indique le sens de l'écoulement. — [illegible] tube des pressions est indiquée par un point.)

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_2}$

Série n° 182. — Type n° 1.

10 juillet 1894. — Température de l'eau : 24°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,505 ; largeur l = 1m,9950.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,000 ; largeur L = 1m,9890.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9970

	millim.	millim.		
1	85,6	79,8	0,3927	0,897
2	123,1	117,4	0,4012	0,922
3	160,6	157,4	0,4150	0,951
4	195,6	196,9	0,4309	0,982
5	232,0	238,6	0,4448	1,007
6	264,4	277,0	0,4584	1,030
7	301,4	318,4	0,4654	1,038
8	332,8	355,7	0,4749	1,051
9	369,0	397,5	0,4821	1,059
10	402,6	435,7	0,4870	1,061
11	431,0	471,5	0,4966	1,076

Série n° 183. — Type n° 2.

11 juillet 1894. — Température de l'eau : 22°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,505 ; largeur l = 1m,9950.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,000 ; largeur L = 1m,9895.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9972

1	83,0	79,9	0,4121	0,940
2	121,9	120,7	0,4240	0,975
	millim.	millim.		
3	159,3	160,0	[illegible]	
4	195,1	199,0	[illegible]	
5	230,8	237,9	[illegible]	
6	266,4	279,9	[illegible]	
7	298,3	318,6	[illegible]	
8	334,6	359,2	[illegible]	
9	368,0	401,1	[illegible]	
10	403,8	442,1	[illegible]	

Série n° 184. — Typ[illegible]

7 juillet 1894. — Températur[illegible]

Déversoir soumis à l'étude : hauteur [illegible] largeur l = 1m,9945.
Déversoir de comparaison : hauteur [illegible] largeur L = 1m,9908.

1	86,3	79,1	[illegible]
2	127,0	120,1	[illegible]
3	165,6	159,7	[illegible]
4	204,9	199,8	[illegible]
5	239,7	238,7	[illegible]
6	275,5	278,8	[illegible]
7	314,9	320,5	[illegible]
8	350,2	359,6	[illegible]
9	386,1	399,2	[illegible]
10	422,5	439,6	[illegible]
11	448,2	466,7	[illegible]

…s observées		Coefficient du déversoir soumis à l'étude m	Rapport $\frac{m}{m_2}$
…ir …s …de	au déversoir de comparaison H		

…° 185. — Type n° 4.

— Température de l'eau : 25°.

…l'étude : hauteur 0m,505 ;
…9953.
…aison : hauteur 1m,000 ;
…,9902.

Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9974

…l.	millim.		
…	79,9	0,3956	0,903
…	121,0	0,4032	0,927
…	158,1	0,4129	0,946
…	200,2	0,4213	0,959
…2	238,5	0,4302	0,973
…	279,2	0,4414	0,990
…6	299,9	0,4422	0,987
…2	320,5	0,4482	0,997
…5	359,8	0,4551	1,004
…5	439,3	0,4657	1,012

…n° 186. — Type n° 5.

…4. — Température de l'eau : 21°.

…l'étude : hauteur 0m,507 ;
…,9945.
…araison : hauteur 1m,000 ;
…,9893.

Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9974

…,2	81,9	0,3836	0,877
…,9	124,3	0,3981	0,915
…,5	161,9	0,3993	0,914
…,6	203,0	0,4097	0,931
…,8	241,1	0,4171	0,941
…,5	282,3	0,4274	0,957
…,4	321,8	0,4358	0,968
…,9	361,5	0,4421	0,974
…,8	401,1	0,4504	0,984
…,8	438,1	0,4550	0,987
…,8	479,1	0,4651	1,002

Numéros des expériences	Charges observées		Coefficient du déversoir soumis à l'étude m	Rapport $\frac{m}{m_2}$
	au déversoir soumis à l'étude h	au déversoir de comparaison H		

Série n° 187. — Type n° 6.

0 40, 0 20, 1/3, 0 50, 5/1

12 juillet 1894. — Température de l'eau : 21°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,505 ;
largeur l = 1m,9942.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,000 ;
largeur L = 1m,9897.

Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9977

	millim.	millim.		
1	86,5	81,0	0,3953	0,903
2	126,1	120,8	0,4038	0,928
3	166,1	160,5	0,4065	0,931
4	202,3	199,8	0,4189	0,953
5	238,9	239,0	0,4271	0,965
6	276,1	280,0	0,4369	0,979
7	312,7	319,4	0,4428	0,985
8	350,0	361,9	0,4524	0,998
9	383,9	399,8	0,4587	1,004
10	419,8	440,6	0,4657	1,011
11	447,4	472,6	0,4715	1,018

Série n° 188. — Type n° 7.

0 60, 0 20, 1/3, 0 50, 5/1

14 juillet 1894. — Temperature de l'eau : 21°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,503 ;
largeur l = 1m,9932.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,000 ;
largeur L = 1m,9893.

Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9980

1	88,1	79,7	0,3758	0,859
2	129,8	120,1	0,3835	0,881
3	171,7	159,6	0,3836	0,878
4	212,6	201,0	0,3925	0,892
5	251,6	240,2	0,3982	0,897
6	290,9	280,2	0,4045	0,904
7	329,3	320,5	0,4120	0,913
8	366,4	360,1	0,4193	0,922
9	403,1	400,4	0,4274	0,932
10	436,3	440,0	0,4388	0,949
11	471,5	477,7	0,4432	0,951

Réunissons dans un même tableau toutes les va

de $\frac{m}{m'}$, fournies par ces sept séries, pour les ch

$0^m,10$, $0^m,20$, $0^m,30$ et $0^m,40$, en mettant en regard c

que nous avons obtenues précédemment pour les m

pentes du talus d'aval sur les déversoirs à crêtes de 0

et $0^m,20$ (séries nos 145, 146, 153, 155 et 156).

CHARGES	TALUS D'AVAL A 1/3							TALUS D'AVAL		
	Crêtes raccordées par un arc de cercle					CRÊTES NON RACCORDÉES		Crêtes raccordées par un arc de cercle		Crêtes
	Type n° 1 Arr. 0,05 Série n° 182	Type n° 2 Arr. 0,10 Série n° 183	Type n° 5 Arr. 0,10 Série n° 186	Type n° 6 Arr. 0,20 Série n° 187	Type n° 7 Arr. 0,20 Série n° 188	Crête 0,10 Am. vertical Série n° 145	Crête 0,20 Am. à 2/1 Série n° 153	Type n° 3 Arr. 0,05 Série n° 184	Type n° 4 Arr. 0,10 Série n° 185	Crête 0,10 Am. vertical Série n° 14[illegible]
0,10	0,910	0,955	0,890	0,910	0,870	0,850	0,795	0,890	0,910	0,8[illegible]
0,20	0,985	1,005	0,925	0,950	0,885	0,960	0,890	0,935	0,960	0,89[illegible]
0,30	1,040	1,055	0,960	0,985	0,905	0,985	0,950	0.975	0,990	0,90[illegible]
0,40	1,060	1,080	0,985	1,005	0,930	0.980	0,990	0,995	1,010	0,90[illegible]

Les types nos 1 et 2 ne diffèrent que par le rayo

l'arrondissement d'amont, $0^m,05$ pour le premier, 0

pour le second ; l'arrondissement de $0^m,10$ est un peu

favorable à l'écoulement, sans que la différence soit

importante ; mais les valeurs de $\frac{m}{m'}$, surpassent nota

ment celles qui avaient été obtenues sur des déverso

crête de $0^m,10$ et $0^m,20$ sans raccordement avec les ta

(séries nos 145 et 153).

Les types nos 3 et 4 sont semblables aux types nos 1 e

sauf en ce qui concerne l'inclinaison de l'aval, réduite de

à 1/5 ; ils conduisent également à deux séries de vale

de m, peu différentes l'une de l'autre ; elles sont sensib

ment inférieures à celles des types nos 1 et 2, mais supérieures à celles des déversoirs à crêtes de $0^m,10$ et $0^m,20$ sans raccordement (séries nos 145, 155 et 156).

Dans les types nos 5 et 6, différant seulement par le rayon de l'arrondissement, $0^m,10$ et $0^m,20$, la crête est plus large que celle des précédents ; aussi la valeur de *m* s'abaisse-t-elle, redevenant à peu près la même que celle qui correspondait aux types nos 3 et 4.

La largeur de la crête est encore augmentée dans le type n° 7, la longueur de la partie rectiligne entre l'origine des deux raccordements courbes atteignant $0^m,20$; cette modification a pour conséquence une diminution sensible de *m*.

On voit, par cette comparaison sommaire, combien les moindres modifications apportées au dispositif de la partie supérieure du barrage peuvent faire varier le débit.

Cinquième groupe.

DÉVERSOIRS A PROFIL COMPLÈTEMENT COURBE.

Nous allons, pour terminer, faire connaître les résultats obtenus en donnant au corps du barrage un profil complètement courbe ; le coefficient *m* atteint alors des valeurs exceptionnellement élevées.

Séries n°ˢ 189 à 194.

Déversoirs de 0m,50 de hauteur, dont la section est formée de deux arcs de [...] raccordant au sommet, sont prolongés en amont et en aval par une droi[...] courbe.

(La flèche placée en tête des croquis indique le sens de l'écoulement. — La p[...] des pressions est indiquée par un point.)

Série 189. — Type n° 1.

Juillet 1894. — Température de l'eau : 22°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,504 ; largeur l = 1m,9945.
Déversoir de comparaison : hauteur : 1m.000 ; largeur L = 1m.9898.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9976

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_2}$
	Nappes adhérentes.			
	millim.	millim.		
1	75,7	78,4	0,4605	1,047
2	91,4	98,3	0,4834	1,106
3	108,4	119,2	0,4967	1,141
4	123,8	138,7	0,5090	1,170
5	139,5	158,8	0,5198	1,194
6	155,9	180,7	0,5331	1,222
7	170.0	198,6	0,5389	1,233
8	185,1	219,7	0,5517	1,259
9	199,8	238.4	0,5563	1,267
10	215.2	258,8	0,5635	1,280
	Nappes noyées en dessous.			
11	215,3	258,6	0.5624	1,277
12	230,7	278,2	0,5664	1,282
13	247,4	299,5	0,5706	1.287
14	263,7	318.7	0,5698	1,281
15	281,5	339,0	0.5677	1,271
16	298,4	359,2	0.5681	1,267
17	317.9	380,6	0,5644	1,254
18	334,6	398,6	0,5612	1,242
19	351,0	418.6	0.5629	1.241
20	374,1	441.3	0,5550	1,218
21	388,5	459.0	0,5572	1,218

Série n° 190. — Type [...]

Juillet 1894. — Température de l'[...]

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,50[...] largeur l = 1m,9942.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,0[...] largeur L = 1m,9895.

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude [...]
	Nappes adhérentes.		
	millim.	millim.	
1	77.1	80,2	[illegible]
2	93.0	102,1	[illegible]
3	109,2	121,6	[illegible]
4	124,5	142,1	[illegible]
5	139,2	161,2	[illegible]
6	153.3	179,8	[illegible]
7	168,7	200.9	[illegible]
8	182,7	220,0	[illegible]
9	196,4	239,6	[illegible]
10	212,0	260,4	[illegible]
	Nappes noyées en des[...]		
11	213,1	260.1	[illegible]
12	227,6	280,2	[illegible]
13	243,9	300,1	[illegible]
14	261.1	321,5	[illegible]
15	278,6	340,1	[illegible]
16	296,1	361,8	[illegible]
17	314,5	380,8	[illegible]
18	333,6	400,5	[illegible]
19	356,0	421,0	[illegible]

Numéros des expériences	Charges observées au déversoir soumis à l'étude h	Charges observées au déversoir de comparaison H	Coefficient du déversoir soumis à l'étude m	Rapport $\frac{m}{m_2}$

Série n° 191. — Type n° 3.

Juin 1894. — Température de l'eau : 22°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,504 ; largeur l = 1m,9938.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,000 ; largeur L = 1m,9882.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9972

	millim.	millim.		
1	93,4	101,4	0,4895	1,121
2	108,8	120,4	0,5011	1,151
3	125,0	140,5	0,5111	1,175
4	138,8	158,6	0,5226	1,200
5	156,4	180,8	0,5307	1,217
6	172,3	200,1	0,5339	1,221
7	186,6	219,5	0,5441	1,242
8	203,8	241,0	0,5486	1,248
9	216,7	259,5	0.5597	1,271
10	233,1	278,9	0,5597	1,266
11	247,7	299,3	0,5687	1,283
12	263,5	319,3	0,5719	1,285
13	281,0	340,3	0,5723	1,281
14	298,5	360,8	0.5714	1,275
15	316,2	380,5	0,5686	1,264
16	335,6	401,1	0,5637	1,247
17	353,1	420,7	0,5619	1,239
18	371,4	440,4	0,5590	1,227
19	390,0	460,3	0,5561	1,216

Série n° 192. — Type n° 4.

Juillet 1894. — Température de l'eau : 24°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,505 ; largeur l = 1m,9947.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,000 ; largeur L = 1m,9887.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9970

	millim.	millim.		
1	78,8	80,6	0,4511	1,027
2	95,5	99,1	0,4576	1,049
3	112,4	120,0	0,4748	1,091
4	129,6	139,7	0.4799	1,103
5	146,1	160,1	0,4905	1,126
6	162,3	180,0	0,4986	1,142
7	177,9	200,1	0,5088	1,163
8	193,5	219,1	0,5138	1,171
9	208,1	239,2	0,5256	1,195
10	224,5	259,5	0,5307	1,203
11	239,2	279,4	0,5396	1,219
12	255,3	300,3	0,5462	1,230
13	271.6	320,9	0,5504	1,235
14	285,4	339,9	0,5580	1,248
15	299,5	359,7	0,5659	1,262
16	315,8	380,0	0,5684	1,263
17	330,2	400,8	0,5768	1,278
18	344,2	418,7	0.5794	1,280
19	358,8	438,6	0,5848	1,287
20	373,8	459,8	0,5916	1,298

Série n° 193. — Type n° 5.

Juillet 1894. — Température de l'eau : 25°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,505 ; largeur l = 1m,9945.
Déversoir soumis à l'étude : hauteur 1m,000 ; largeur L = 1m,9880.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9967

1	79.4	79,3	0,4354	0,992
2	96.9	99,4	0,4496	1,031
3	114,1	119,9	0,4635	1,065
4	130,8	139,4	0,4716	1,084
5	145,9	159,6	0,4891	1,123
6	163,0	179,3	0,4924	1,128
7	178.6	199,9	0,5049	1,154
8	193.5	218,3	0,5108	1,164
9	208,7	239,4	0,5238	1,191
10	224,5	259,1	0,5293	1,200
11	238,0	278,8	0,5418	1,225
12	255,1	300,8	0,5480	1,234
13	270,1	321,3	0,5559	1,248
14	284,3	340,6	0,5628	1,259
15	298,7	358,2	0,5644	1,259
16	315,5	380,9	0,5710	1,269
17	333,3	400,3	0,5675	1,256
18	350,0	419,3	0.5663	1,249

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_2}$
	millim.	millim.		
19	366,2	439,8	0,5695	1,252
20	386,1	461,5	0,5665	1,239

Série n° 194. — Type n° 6.

Juillet 1894. — Température de l'eau : 23°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,505 ; largeur l = 1m,9937.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,000 ; largeur L = 1m,9890.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9976

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_2}$
1	75,6	75,9	0,4402	1,000
	millim.	millim.		
2	91,1	93,8	[illegible]	
3	109,2	115,6	[illegible]	
4	125,7	135,1	[illegible]	
5	142,9	155,5	[illegible]	
6	158,4	175,7	[illegible]	
7	174,4	195,3	[illegible]	
8	189,3	214,8	[illegible]	
9	204,7	233,6	[illegible]	
10	220,5	254,6	[illegible]	
11	234,8	273,3	[illegible]	
12	251,4	296,0	[illegible]	
13	267,6	316,2	[illegible]	
14	282,0	335,7	[illegible]	
15	297,6	354,7	[illegible]	
16	315,9	376,0	[illegible]	
17	333,5	396,1	[illegible]	
18	348,4	415,2	[illegible]	
19	365,2	434,6	[illegible]	
20	384,3	457,2	[illegible]	

Les valeurs de $\frac{m}{m'}$ pour ces six séries peuvent se résu[mer] dans le tableau suivant :

CHARGES	TYPE N° 1 Série n° 189	TYPE N° 2 Série n° 190	TYPE N° 3 Série n° 191	TYPE N° 4 Série n° 192	TYPE N° 5 Série n° 193	TYPE N° 6 Série n° 194
	Nappes adhérentes	Nappes adhérentes				
0,10	1,125	1,150	1,135	1,060	1,040	[illegible]
0,15	1,210	1,240	1,210	1,130	1,125	[illegible]
0,20	1,270	1,310	1,245	1,180	1,175	[illegible]
	Nappes noyées en dessous	Nappes noyées en dessous				
0,25	1,280	1,320	1,285	1,225	1,230	[illegible]
0,30	1,265	1,290	1,275	1,260	1,260	[illegible]
0,35	1,240	1,235	1,240	1,285	1,250	[illegible]

Les types n°s 1 et 2, présentant un parement d'aval vertical, comportent la formation de nappes noyées en dessous ; le coefficient qui leur correspond est beaucoup plus élevé que celui des nappes analogues en mince paroi.

Quant aux types n°s 3 et 4, leurs crêtes ne diffèrent que par les rayons des courbes : $0^m,05$ et $0^m,08$ pour le type n° 3, $0^m,10$ et $0^m,12$ pour le type n° 4 ; la crête de ce dernier est ainsi plus large, et le coefficient m est, par suite, notablement moindre jusqu'à la charge $0^m,30$; mais il n'en est plus de même au delà ; la forme concave du parement aval du type n° 3 tendant à produire le détachement de la nappe, le coefficient de ce type diminue et devient inférieur à celui du n° 4, qui continue à croître pour les charges plus élevées.

Les types n°s 5 et 6 fournissent, malgré la différence de leurs profils, des coefficients presque identiques.

Profil des nappes.

Le rapport $\frac{e}{h}$ de l'épaisseur e de la lame d'eau sur l'arête amont du seuil à la charge totale h varie dans des limites très étendues sur les déversoirs à talus. Trois causes principales interviennent pour le modifier :

1° La largeur de la crête, ou mieux le rapport $\frac{h}{c}$. On a vu que, sur les déversoirs à poutrelles, la valeur de $\frac{e}{h}$, très élevée pour les faibles charges, diminue à mesure que h augmente, en se rapprochant progressivement de celle qui convient aux nappes en mince paroi. Cette influence doit naturellement se retrouver sur les déversoirs à talus dont la crête a une certaine largeur ;

2° L'inclinaison du talus d'aval ; lorsqu'il est peu in-
cliné sur l'horizontale, il exerce une influence analogue
un élargissement de la crête et a de même pour eff
une augmentation du rapport $\frac{e}{h}$;

3° L'inclinaison du talus d'amont : l'effet de cette incl
naison, qui modifie la contraction de la veine liquide
passage du seuil, tend au contraire à diminuer $\frac{e}{h}$.

On doit ainsi s'attendre à trouver pour ce rapport d
valeurs très diverses, suivant l'importance relative d
trois causes que nous venons de signaler.

De nombreux profils ont été relevés sur la plupart d
déversoirs soumis à l'expérimentation (*) ; ils correspond
à de très rares exceptions près, à quatre débits const
obtenus en réglant à $0^m,10$, $0^m,20$, $0^m,30$ et $0^m,40$
charge du barrage type ; les charges correspondantes à c
quatre débits ne sont pas les mêmes sur tous les déversoi
elles sont cependant assez comparables pour mettre
évidence les variations du rapport $\frac{e}{h}$, qui ne se modifie
très rapidement pour une différence de charge de quelq
centimètres.

Comparons d'abord les valeurs obtenues sur les déve
soirs à vive arête.

1° AMONT VERTICAL.

INCLINAISON DU TALUS D'AVAL				
3/2	1/1	1/2	1/5	1/1[illegible]
Voir série n° 128	Voir série n° 136	Voir série n° 137	Voir série n° 141	Voir série n° [illegible]
0,780	0,795	0,824	0,845	0,851
0,796	0,808	0,827	0,863	0,8[illegible]
0,816	0,799	0,838	0,859	0,87[illegible]
0,844	0,825	0,841	0,852	0,873

(*) Voir Pl. 24, les croquis d'un certain nombre de ces profils.

2° TALUS D'AVAL A 1/2.

INCLINAISON DU TALUS D'AMONT			
Vertical	2/1	1/1	1/2
Voir série n° 137	Voir série n° [illegible]	Voir série n° [illegible]	Voir série n° [illegible]
0,824	[illegible]	[illegible]	[illegible]
0,827	[illegible]	[illegible]	[illegible]
0,838	[illegible]	[illegible]	[illegible]
0,841	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Le premier de ces deux tableaux montre que $\frac{e}{h}$ va en croissant à mesure que l'on réduit la pente du talus d'aval ; le contraire a lieu, et $\frac{e}{h}$ va en diminuant, quand on réduit celle du talus d'amont. Dans les deux cas ce rapport croît avec la charge. Passons maintenant aux déversoirs à crête de $0^m,10$ de largeur.

INCLINAISON du talus d'amont	INCLINAISON DU TALUS D'AVAL			
	3/2	1/1	1/2	1/3
Vertical	Voir série n° 134 0,824 0,814 0,821 0,798	Voir série n° 143 0,861 0,831 0,843 0,814	Voir série n° 144 0,880 0,852 0,839 0,845	Voir série n° 146 0,900 0,867 0,873 0,868
1/1	Voir série n° 132 0,822 0,802 0,790 0,797	Voir série n° 167 0,841 0,808 0,800 0,784	Voir série n° 169 0,825 0,808 0,808 0,807	Voir série n° 172 0,866 0,842 0,843 0,847
1/2		Voir série n° 168 0,802 0,779 0,755 0,751		Voir série n° 173 0,809 0,811 0,794 0,802

L'influence de la pente des talus est analogue à celle que

nous venons de constater sur les déversoirs à vive arête ; mais, dans chaque série en particulier, les valeurs de $\frac{e}{h}$, au lieu de croître avec la charge, comme dans le cas de la vive arête, vont au contraire en décroissant comme sur les déversoirs à poutrelles, accusant ainsi l'influence de la largeur de la crête. Il en est de même sur les déversoirs à crête de $0^m,20$, ainsi que le montre le tableau ci-après.

INCLINAISON du talus d'amont	INCLINAISON DU TALUS D'AVAL			
	1/1	1/2	1/3	1/5
Vertical		Voir série n° 149 0,890 0,874 0,852 0,838		Voir série n° [illegible] 0,876 0,891 0,877 0,871
2/1	Voir série n° 147 0,869 0,861 0,832 0,814	Voir série n° 151 0,889 0,867 0,843 0,835	Voir série n° 153 0,867 0,858 0,849 0,849	Voir série n° [illegible] 0,872 0,866 0,849 0,856
1/1		Voir série n° 176 0,839 0,836 0,817 0,811		
1/2		Voir série n° 178 0,833 0,793 0,784 0,774		Voir série n° [illegible] 0,835 0,821 0,820 0,825

Enfin, sur la crête de $0^m,40$, la pente d'amont restant constante et égale à 2/1, et les pentes d'aval ayant été successivement réglées à 1/2, 1/4 et 1/6, la valeur de $\frac{e}{h}$ est restée presque invariable et comprise entre 0,87 et 0,8[illegible]

Les déversoirs dans lesquels les talus sont raccordés par

des arcs de cercle à la crête horizontale, et surtout les déversoirs à profil complètement courbe, conduisent à de faibles valeurs de $\frac{e}{h}$; mais les épaisseurs e, mesurées au-dessus du point le plus élevé du profil (point de contact avec la tangente horizontale) ne sont pas comparables à celles des déversoirs où le seuil est nettement délimité par une arête.

Expériences avec retenue d'aval.

Il ne nous reste plus, pour terminer ce qui concerne les déversoirs à talus, qu'à faire connaître quelques expériences exécutées avec une retenue d'aval. Elles forment onze séries :

Trois séries sur les déversoirs à vive arête;

Sept séries sur les déversoirs avec crête de $0^m,20$ de largeur ;

Une série sur un déversoir avec crête de $0^m,40$ de largeur.

Séries nos 195 à 197.

NAPPES NOYÉES EN DESSOUS AVEC RETENUE D'AVAL.

Déversoirs de $0^m,75$ de hauteur, couronnés par une crête à arête [illegible]

(La flèche placée en tête des croquis indique le sens de l'écoulement. — La [illegible] tube des pressions est indiquée par un point.)

Les nappes ondulées sont indiquées par un astérisque *.

Série n° 195.

Avril 1894. — Température de l'eau : 13°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur $0^m,753$; largeur $l = 1^m,9870$.
Déversoir de comparaison : hauteur $1^m,135$; largeur $L = 1^m,9854$.
Rapport $\frac{L}{l} = 0,9992$

Numéros des expériences	Charges observées au déversoir soumis à l'étude h	Charges observées au déversoir de comparaison H	Hauteur de la retenue d'aval h_1	Coefficient du déversoir soumis à l'étude m	Rapport $\frac{m}{m_1}$
	millim.	millim.	millim.		
Charge amont : $0^m,10$.					
1	94,6	101,1	— 59,8	0,4785	1,099
2	97,1	99,3	+ 2,2	0,4482	1,030
3	102,6	100,1	+ 31,6	0,4163	0,959
4	*116,6	101,0	+ 60,3	0,3492	0,807
5	*127,6	100,9	+ 90,3	0,3046	0,705
Charge amont : $0^m,15$					
1	138,1	149,2	— 120,8	0,4808	1,113
2	140,7	150,3	— 59,0	0,4726	1,094
3	141,8	149,0	— 1,4	0,4612	1,068
4	148,8	149,6	+ 30,6	0,4315	1,000
5	155,3	151,7	+ 60,2	0,4131	0,957
6	*162,4	150,8	+ 60,7	0,3830	0,887
7	*169,3	152,4	+ 90,6	0,3655	0,846
8	*180,9	149,5	+ 122,5	0,3216	0,744
Charge amont : $0^m,20$.					
1	184,2	199,5	— 180,5	0,4800	1,111
2	182,6	198,9	— 119,1	0,4842	1,121
3	185,6	199,5	— 60,9	[illegible]	[illegible]
4	189,0	199,5	+ 1,8	[illegible]	[illegible]
5	193,4	201,4	+ 30,6	[illegible]	[illegible]
6	198,3	199,2	+ 61,9	[illegible]	[illegible]
7	205,4	199,5	+ 89,5	[illegible]	[illegible]
8	*214,0	201,3	+ 90,7	[illegible]	[illegible]
9	*223,0	200,0	+ 122,5	[illegible]	[illegible]
10	*245,6	200,0	+ 180,1	[illegible]	[illegible]
Charge amont : $0^m,25$					
1	226,5	249,7	— 241,8	[illegible]	[illegible]
2	228,6	249,0	— 119,5	[illegible]	[illegible]
3	227,4	248,9	— 59,6	[illegible]	[illegible]
4	231,1	247,7	— 0,9	[illegible]	[illegible]
5	241,6	248,6	+ 60,4	[illegible]	[illegible]
6	*257,2	248,5	+ 90,1	[illegible]	[illegible]
7	*263,0	248,0	+ 119,5	[illegible]	[illegible]
8	*283,3	248,2	+ 181,7	[illegible]	[illegible]
9	*312,0	249,4	+ 241,8	[illegible]	[illegible]
Charge amont : $0^m,30$					
1	269,7	297,8	— 240,2	[illegible]	[illegible]
2	270,1	296,7	— 117,4	[illegible]	[illegible]
3	274,5	301,4	— 60,9	[illegible]	[illegible]
4	276,6	298,7	+ 0,9	[illegible]	[illegible]
5	286,6	300,1	+ 63,2	[illegible]	[illegible]
6	309,7	299,2	+ 122,2	[illegible]	[illegible]
7	*311,3	299,5	+ 122,2	[illegible]	[illegible]
8	*325,9	298,4	+ 182,8	[illegible]	[illegible]
9	*348,8	299,4	+ 242,4	[illegible]	[illegible]
10	*378,3	300,6	+ 300,6	[illegible]	[illegible]
Charge amont : $0^m,35$					
1	317,7	349,8	— 177,3	[illegible]	[illegible]
2	317,4	349,9	— 118,5	[illegible]	[illegible]
3	320,4	352,5	— 59,9	[illegible]	[illegible]
4	322,3	350,7	— 0,1	[illegible]	[illegible]

Numéros des expériences	Charges observées au déversoir soumis à l'étude h	Charges observées au déversoir de comparaison H	Hauteur de la retenue d'aval h_1	Coefficient du déversoir soumis à l'étude m	Rapport $\frac{m}{m_1}$
	millim.	millim.	millim.		
5	333,7	351,3	+ 63,4	0,4614	1,051
6	356,9	350,3	+ 123,5	0,4154	0,943
7	*369,4	348,8	+ 180,5	0,3919	0,888
8	370,9	349,3	+ 182,3	0,3904	0,885
9	*390,4	352,4	+ 241,7	0,3664	0,828
10	*412,9	350,2	+ 300,6	0,3336	0,752

Charge amont : 0m,40.

1	362,4	401,5	— 120,6	0,4994	1,133
2	362,6	399,8	— 59,4	0,4958	1,125
3	373,6	400,5	+ 1,3	0,4753	1,077
4	378,5	400,3	+ 59,9	0,4658	1,055
5	399,0	398,5	+ 119,5	0,4274	0,965
6	414,0	400,2	+ 181,9	0,4070	0,917
7	*430,4	400,7	+ 241,1	0,3847	0,865

Charge amont : 0m,45.

1	407,4	449,0	— 58,6	0,4970	1,121
2	410,0	449,2	+ 1,3	0,4926	1,111
3	429,2	449,2	+ 62,2	0,4599	1,034
4	441,7	446,9	+ 118,3	0,4371	0,982

Série n° 196.

Mai 1894. — Température de l'eau : 18°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,754 ; largeur l = 1m,9882.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,135 ; largeur L = 1m,9857.
Rapport $\frac{L}{l} = 0,9987$

Charge amont : 0m,10.

1	99,8	99,5	— 60,7	0,4312	0,992
2	99,9	99,2	— 1,7	0,4286	0,986
3	104,3	99,4	+ 30,0	0,4030	0,928
4	109,6	98,7	+ 57,7	0,3702	0,854
5	123,9	100,6	+ 88,8	0,3167	0,732
6	*142,8	98,6	+ 119,2	0,2486	0,576

Charge amont : 0m,15.

Numéros des expériences	Charges observées au déversoir soumis à l'étude h	Charges observées au déversoir de comparaison H	Hauteur de la retenue d'aval h	Coefficient du déversoir soumis à l'étude m	Rapport $\frac{m}{m_1}$
	millim.	millim.	millim.		
1	147,6	148,5	— 60,9	0,4319	1,001
2	147,9	149,6	— 2,0	0,4353	1,009
3	150,9	149,7	+ 29,7	0,4227	0,980
4	154,7	149,9	+ 57,8	0,4081	0,946
5	162,3	148,7	+ 89,1	0,3753	0,870
6	173,6	149,6	+ 119,4	0,3423	0,793
7	*194,4	148,5	+ 150,4	0,2857	0,661

Charge amont : 0m,20.

1	196,6	199,9	+ 0,4	0,4364	1,009
2	199,8	198,1	+ 59,1	0,4202	0,971
3	202,4	199,4	+ 63,0	0,4162	0,962
4	207,4	199,1	+ 90,4	0,4004	0,925
5	213,3	199,1	+ 120,4	0,3838	0,886
6	226,4	200,9	+ 150,1	0,3558	0,820
7	244,4	199,3	+ 179,2	0,3138	0,722
8	*263,8	200,3	+ 209,7	0,2816	0,646

Charge amont : 0m,25.

1	245,0	249,5	— 0,1	0,4371	1,005
2	247,2	249,6	+ 60,0	0,4316	0,992
3	251,3	249,8	+ 87,8	0,4215	0,969
4	256,2	249,1	+ 117,4	0,4078	0,937
5	265,9	249,4	+ 149,8	0,3863	0,887
6	275,1	249,6	+ 179,8	0,3676	0,843
7	*299,5	249,8	+ 211,5	0,3240	0,741
8	*313,5	249,5	+ 238,0	0,3020	0,689

Charge amont : 0m,30.

1	293,3	300,3	+ 60,5	0,4414	1,010
2	300,5	299,3	+ 119,4	0,4235	0,968
3	306,4	299,9	+ 150,4	0,4126	0,943
4	313,8	299,0	+ 178,6	0,3963	0,905
5	324,8	299,9	+ 210,5	0,3789	0,864
6	*349,4	299,6	+ 239,3	0,3383	0,769
7	*364,7	299,8	+ 270,0	0,3175	0,720
8	*377,8	298,9	+ 299,7	0,2998	0,679

Charge amont : 0m,35.

1	341,0	351,1	+ 59,2	0,4460	1,015
2	344,9	350,5	+ 117,5	0,4374	0,995
3	349,6	348,4	+ 149,2	0,4248	0,965
4	355,7	349,2	+ 181,0	0,4153	0,943
5	365,7	349,3	+ 212,4	0,3986	0,904
6	375,1	350,2	+ 240,7	0,3851	0,872
7	390,5	350,5	+ 272,0	0,3631	0,821
8	*413,6	349,9	+ 298,9	0,3322	0,749
9	*431,0	351,5	+ 332,1	0,3144	0,707

Charge amont : 0m,40.

1	390,5	400,3	+ 118,6	0,4443	1,004
2	399,5	399,7	+ 179,8	0,4284	0,967

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	HAUTEUR de la retenue d'aval h_1	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_1}$
	millim.	millim.	millim.		
3	405,6	398,3	+ 208,0	0,4165	0,940
4	413,9	399,9	+ 238,7	0,4065	0,916
5	423,9	400,3	+ 268,4	0,3928	0,884
6	437,0	400,6	+ 298,0	0,3757	0,844

Série n° 197.

$\frac{1}{5}$

0,75

Avril et mars 1894. — Température de l'eau : 13°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m753 ; largeur l = 1m,9872.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,135 ; largeur L = 1m,9852.
Rapport $\frac{L}{l}$ = 0,9990

Charge amont : 0m,10.

1	108,3	99,1	+ 59,4	0,3793	0,875
2	117,0	99,0	+ 90,0	0,3373	0,779
3	•138,5	99,3	+ 121,0	0,2630	0,609
4	•181,3	99,6	+ 150,8	0,2102	0,487

Charge amont : 0m,15.

1	160,6	149,9	+ 89,5	0,3859	0,894
2	168,4	150,6	+ 121,0	0,3620	0,838
3	181,2	149,6	+ 150,4	0,3210	0,743
4	•205,7	149,8	+ 181,0	0,2655	0,613
5	•227,9	149,2	+ 210,9	0,2268	0,523

Charge amont : 0m,20.

1	212,5	199,6	+ 122,7	0,3876	0,895
2	216,9	199,5	+ 150,8	0,3756	0,867

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	HAUTEUR de la retenue d'aval h_1
	millim.	millim.	millim.
3	228,6	198,9	+ 179,4
4	241,5	199,0	+ 211,8
5	•272,2	199,1	+ 242,3
6	•595,3	199,8	+ 270,2

Charge amont : 0m,[illegible]

1	262,7	248,7	+ 150,5
2	267,0	247,9	+ 181,8
3	277,3	247,8	+ 211,2
4	291,6	247,0	+ 241,2
5	310,2	249,4	+ 270,5
6	•319,1	246,9	+ 302,9
7	•363,2	248,6	+ 332,6

Charge amont : 0m,30.

1	316,2	300,4	+ 182,8
2	317,5	247,9	+ 210,2
3	328,1	300,8	+ 241,5
4	339,0	298,0	+ 269,7
5	356,9	299,6	+ 301,4
6	•381,1	299,3	+ 330,1
7	•403,3	300,7	+ 358,6

Charge amont : 0m,[illegible]

1	370,9	350,4	+ 241,6
2	375,5	347,3	+ 268,9
3	389,6	349,1	+ 303,4
4	404,4	349,0	+ 332,1
5	418,4	349,2	+ 359,7
6	•445,7	349,2	+ 390,0

Charge amont : 0m,40.

1	418,9	397,4	+ 268,9
2	428,0	399,5	+ 300,2
3	435,8	397,9	+ 329,6
4	451,8	399,7	+ 360,5

Séries n°s 198 à 204.

NAPPES NOYÉES EN DESSOUS AVEC RETENUE D'AVAL.

s 0m,75 et 0m,35 de hauteur, couronnés par une crête de 0m,20 d'épaisseur.

…cée en tête des croquis indique le sens de l'écoulement. — La position du tube des pressions est indiquée par un point.)

Les nappes ondulées sont désignées par un astérisque *.

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	…OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	HAUTEUR de la retenue d'aval h_1	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_1}$

– Déversoir de 0m,75 de hauteur.



…2. — Température de l'eau : 12°.

…à l'étude : hauteur 0m,748 ; …1m,9325.
…paraison : hauteur 1m,135 ; …1m,9865.
Rapport $\frac{L}{l} = 0,9970$

…harge amont : 0m,10.

	millim.	millim.	millim.		
		99.8	+ 30,2	0,3602	0,831
		101,3	+ 44,0	0,3549	0,820
		102,2	+ 44.9	0,3600	0,831
		100,0	+ 60,1	0,3529	0,815
		99,2	+ 89,9	0,3402	0,786
		99.9	+ 120,0	0,2856	0,661
		99,8	+ 150,0	0,2156	0,500

…rge amont : 0m,15.

		151,6	+ 60,0	0,3757	0,870
		151,2	+ 60,3	0,3804	0,881
		150,9	+ 72,9	0,3758	0,871
		152,4	+ 88,0	0,3650	0,845
		150,9	+ 122,6	0,3559	0,824
		151,3	+ 150,1	0,3305	0,765
		150,0	+ 180,3	0,2743	0,634

Charge amont : 0m,20.

		200.1	+ 60,4	0,4007	0,925
		201,3	+ 120,2	0,3802	0,877
	millim.	millim.	millim.		
3	210,8	200,2	+ 121,0	0,3933	0,908
4	212,8	200,0	+ 133,6	0,3872	0,894
5	*220.3	201,5	+ 155,0	0,3717	0,857
6	*226,3	200,6	+ 179,3	0,3546	0,817
7	*245,5	199,6	+ 209.2	0,3115	0,716
8	*272,8	200.4	+ 240,6	0,2675	0,614
9	*296,6	201,1	+ 270,5	0,2372	0,543

Charge amont : 0m,25.

1	251,7	251,1	+ 91,3	0,4231	0,972
2	253,3	249,9	+ 120,4	0,4161	0,956
3	*260,4	251,0	+ 148,8	0,4018	0,923
4	255,9	249,5	+ 149,9	0,4088	0,939
5	*263,3	251,4	+ 165,2	0,3962	0,910
6	257,7	250,7	+ 165,7	0,4074	0,936
7	*264,6	249,5	+ 180,0	0,3888	0,892
8	261,6	250,6	+ 180,3	0,3982	0,915
9	*270,9	249,6	+ 209,5	0,3756	0,862
10	*293,9	250,0	+ 240,5	0,3331	0,762
11	*315,5	251,1	+ 268,1	0,3015	0,688
12	*339,7	250,8	+ 302,9	0,2694	0,613

Charge amont : 0m,30.

1	291,0	299,1	+ 91,5	0,4432	1,014
2	291,0	297,7	+ 120,3	0,4401	1,007
3	293,4	298,7	+ 149,2	0,4369	1,000
4	296,9	300,7	+ 180,5	0,4335	0,992
5	*303,2	299,4	+ 182,0	0,4174	0,954
6	300,3	300,9	+ 193,6	0,4266	0,975
7	*308,1	300,8	+ 211,0	0,4103	0,937
8	*316,6	300,3	+ 240,5	0,3929	0,896
9	*341,0	301,5	+ 269,4	0,3536	0,804
10	*364,6	300,3	+ 299,5	0,3179	0,721
11	*363,4	300,2	+ 301,0	0,3193	0,724
12	*383,4	301,7	+ 330,0	0,2969	0,672

Charge amont : 0m,35.

1	332,6	350,0	+ 121,1	0,4601	1,048
2	332,5	348,6	+ 151,4	0,4576	1,042
3	336,7	350,3	+ 180,8	0,4523	1,030

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	HAUTEUR de la retenue d'aval h_1	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_{1\ ou\ 3}}$
	millim.	millim.	millim.		
4	339,6	349,9	+ 210,2	0,4458	1,014
5	*346,3	348,7	+ 210,6	0,4307	0,979
6	344,7	349,7	+ 226,6	0,4355	0,990
7	*351,8	350,1	+ 240,3	0,4231	0,961
8	*362,1	350,4	+ 269,3	0,4057	0,920
9	*390,9	350,0	+ 298,7	0,3612	0,816
10	*412,7	349,3	+ 331,1	0,3378	0,761
11	*429,9	350,0	+ 360,4	0,3131	0,704
	Charge amont : 0m,40.				
1	373,5	400,1	+ 150,7	0,4738	1,073
2	374,0	399,3	+ 180,6	0,4714	1,068
3	377,5	400,2	+ 210,0	0,4664	1,056
4	*386,2	399,8	+ 225,4	0,4501	1,018
5	380,1	400,4	+ 225,5	0,4620	1,046
6	*390,6	400,3	+ 239,2	0,4433	1,002
7	383,6	399,5	+ 239,5	0,4541	1,027
8	*392,8	399,5	+ 254,5	0,4383	0,990
9	393,8	401,4	+ 256,2	0,4397	0,993
10	*398,2	400,7	+ 270,9	0,4314	0,974
11	*418,6	400,6	+ 299,7	0,4001	0,901
12	*440,5	399,1	+ 330,0	0,3685	0,828
	Charge amont : 0m,45.				
1	415,6	449,2	+ 181,2	0,4816	1,085
2	419,1	448,4	+ 239,1	0,4744	1,068
3	*434,1	450,4	+ 270,3	0,4529	1,018
4	432,0	450,2	+ 270,4	0,4560	1,025

Série n° 199. — Déversoir de 0m,35 de hauteur.

Mai et octobre 1893. — Température de l'eau : En mai : 17°. En octobre : 12°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,354 ; largeur l = 1m,9930.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,135 ; largeur L = 1m,9860.
Rapport $\frac{L}{l} = 0,9965$

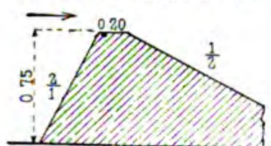
Charge amont : 0m,10.

1	114,3	99,6	— 57,9	0,3546	0,800
2	114,9	101,0	+ 0,3	0,3560	0,810
3	*115,1	99,5	+ 54,3	0,3474	0,791
4	*115,6	99,4	+ 84,0	0,3446	0,784
5	*127,6	100,8	+ 114,6	0,3033	0,689
6	*149,1	97,9	+ 140,3	0,2300	0,520
7	*177,0	101,2	+ 171,0	0,1868	0,419

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	HAUTEUR de la retenue d'aval h_1
	Charge amont : 0m,[illegible]		
	millim.	millim.	millim.
1	163,1	152,4	+ 0,[illegible]
2	162,8	150,1	+ 54,[illegible]
3	163,7	151,5	+ 83,[illegible]
4	*168,9	152,6	+ 111,[illegible]
5	*172,1	149,4	+ 140,[illegible]
6	*189,7	151,0	+ 172,[illegible]
7	*212,1	150,5	+ 197,[illegible]
	Charge amont : 0m,[illegible]		
1	204,4	199,7	+ 0,[illegible]
2	206,1	200,0	+ 53,[illegible]
3	205,2	199,9	+ 83,[illegible]
4	209,9	200,0	+ 113,[illegible]
5	*212,2	198,5	+ 142,[illegible]
6	*221,1	199,9	+ 172,[illegible]
7	*228,0	200,1	+ 196,[illegible]
8	*251,4	200,4	+ 227,[illegible]
9	*275,1	199,7	+ 255,[illegible]
10	*301,6	201,2	+ 284,[illegible]
	Charge amont : 0m,[illegible]		
1	245,4	250,2	+ 28,[illegible]
2	243,6	247,4	+ 82,[illegible]
3	246,6	247,2	+ 111,[illegible]
4	252,0	250,3	+ 141,[illegible]
5	254,4	251,1	+ 153,[illegible]
6	255,9	250,2	+ 158,[illegible]
7	*258,7	250,1	+ 173,[illegible]
8	*260,8	248,6	+ 207,[illegible]
9	*268,3	248,0	+ 224,[illegible]
10	*288,6	249,0	+ 255,[illegible]
11	*310,2	247,2	+ 281,[illegible]
12	*333,4	248,1	+ 308,[illegible]
	Charge amont : 0m,[illegible]		
1	284,0	299,7	+ 85,[illegible]
2	286,8	300,4	+ 111,[illegible]
3	287,9	298,8	+ 141,[illegible]
4	292,8	298,8	+ 169,[illegible]
5	297,7	299,1	+ 196,[illegible]
6	*302,6	297,9	+ 225,[illegible]
7	*310,7	298,5	+ 255,[illegible]
8	*329,8	298,4	+ 284,[illegible]
9	*349,2	297,9	+ 309,[illegible]
10	*371,8	298,4	+ 337,[illegible]
11	*398,0	298,3	+ 369,[illegible]
	Charge amont : 0m,[illegible]		
1	324,4	350,7	+ 112,[illegible]
2	326,1	349,7	+ 140,[illegible]
3	330,6	353,4	+ 157,[illegible]
4	329,0	349,7	+ 169,[illegible]

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	HAUTEUR de la retenue d'aval h_1	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_1 \text{ ou } 3}$
	millim.	millim.	millim.		
5	334,9	350,4	+ 199,1	0,4559	0,972
6	338,7	350,3	+ 224,0	0,4480	0,954
7	345,8	350,5	+ 254,8	0,4347	0,923
8	*351,4	350,9	+ 280,6	0,4351	0,922
9	*365,9	348,2	+ 309,2	0,3955	0,834
10	*388,1	349,2	+ 337,6	0,3636	0,761
11	*414,6	350,8	+ 368,4	0,3316	0,688
	Charge amont : 0^{m},40.				
1	362,5	399,1	+ 140,6	0,4934	1,042
2	368,4	401,8	+ 171,8	0,4865	1,026
3	369,7	398,0	+ 197,4	0,4770	1,005
4	372,6	394,3	+ 228,3	0,4648	0,978
5	381,8	400,8	+ 256,5	0,4594	0,964
6	387,6	401,3	+ 284,6	0,4499	0,942
7	391,7	401,1	+ 308,8	0,4426	0,926
8	*408,9	402,5	+ 338,9	0,4172	0,868
9	*432,8	399,8	+ 367,6	0,3792	0,783
	Charge amont : 0^{m},45.				
1	405,5	447,7	+ 199,6	0,4970	1,035
2	411,3	450,5	+ 224,3	0,4911	1,021
3	413,0	449,2	+ 255,1	0,4859	1,009
4	418,5	449,3	+ 279,3	0,4765	0,988
5	423,4	449,0	+ 310,7	0,4679	0,969
6	432,3	449,7	+ 339,6	0,4545	0,938
7	449,0	450,0	+ 367,2	0,4298	0,882
8	*466,8	448,6	+ 393,7	0,4036	0,824

Série n° 200. — Déversoir de 0^{m},75 de hauteur.



Juillet et août 1892. — Température de l'eau : 23°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0^{m},754 ; largeur $l = 1^{m}$,9971.
Déversoir de comparaison : hauteur 1^{m},135 ; largeur L = 1,9875.
Rapport $\frac{L}{l} = 0,9952$

Les valeurs des largeurs l et L ci-dessus ne s'appliquent pas à la première expérience des charges amont 0^{m},10, 0^{m},15, 0^{m},20, 0^{m},25, 0^{m},30, 0^{m},35. — Pour ces six expériences, les valeurs des largeurs sont les suivantes : $l = 1^{m}$,9958, L = 1^{m},9898, et le rapport $\frac{L}{l} = 0,9970$.

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	HAUTEUR de la retenue d'aval h_1	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_1}$
	Charge amont : 0^{m},10.				
1	177,7	101,9	+ 28,2	0,3480	0,804
	millim.	millim.	millim.		
2	116,5	100,6	+ 57,7	0,3461	0,800
3	118,0	101,8	+ 71,3	0,3456	0,799
4	*116,6	100,4	+ 71,6	0,3448	0,796
5	118,0	100,3	+ 85,9	0,3382	0,781
6	*119,3	99,3	+ 89,0	0,3278	0,757
7	*123,3	101,1	+ 100,9	0,3202	0,741
8	*133,4	101,2	+ 119,0	0,2850	0,660
9	*158,1	99,2	+ 150,4	0,2146	0,497
10	*187,8	100,8	+ 179,9	0,1696	0,393
	Charge amont : 0^{m},15				
1	167,7	153,1	+ 28,0	0,3724	0,862
2	165,7	151,5	+ 57,8	0,3726	0,863
3	165,7	150,8	+ 77,6	0,3701	0,857
4	165,5	150,0	+ 88,5	0,3679	0,852
5	169,5	151,3	+ 117,1	0,3595	0,833
6	*171,0	153,1	+ 118,1	0,3610	0,836
7	172,9	150,8	+ 132,7	0,3473	0,804
8	*173,3	150,4	+ 133,4	0,3447	0,798
9	173,4	151,7	+ 139,2	0,3489	0,808
10	*179,5	151,3	+ 149,5	0,3299	0,764
11	177,9	151,0	+ 150,7	0,3333	0,772
12	183,3	152,3	+ 162,5	0,3229	0,747
13	*203,1	151,4	+ 178,8	0,2743	0,634
14	*228,2	151,0	+ 208,1	0,2294	0,529
15	*255,7	149,6	+ 239,9	0,1908	0,438
	Charge amont : 0^{m},20.				
1	213,3	201,6	+ 57,7	0,3904	0,901
2	214,2	202,6	+ 86,9	0,3901	0,900
3	214,5	201,6	+ 117,5	0,3865	0,892
4	217,9	201,1	+ 148,7	0,3760	0,868
5	*220,0	202,9	+ 164,2	0,3756	0,866
6	221,7	200,4	+ 172,4	0,3645	0,841
7	223,3	199,8	+ 179,7	0,3590	0,828
8	*223,7	200,9	+ 179,7	0,3610	0,832
9	228,8	200,7	+ 193,4	0,3485	0,803
10	*231,4	200,5	+ 193,8	0,3421	0,788
11	*244,7	200,4	+ 209,4	0,3144	0,723
12	*272,3	199,6	+ 240,6	0,2662	0,611
13	*295,9	199,7	+ 270,1	0,2351	0,538
14	*320,1	200,2	+ 298,1	0,1799	0,410
	Charge amont : 0^{m},25.				
1	256,0	250,2	+ 57,1	0,4102	0,942
2	255,1	250,0	+ 89,5	0,4112	0,945
3	255,0	248,6	+ 118,7	0,4080	0,937
4	256,9	248,6	+ 149,5	0,4035	0,927
5	259,5	248,7	+ 179,3	0,3977	0,913
6	265,0	247,6	+ 209,2	0,3818	0,876
7	268,2	249,7	+ 209,0		
8	270,6	249,1	+ 222,8	0,3744	0,859
9	*275,3	249,9	+ 225,6	0,3665	0,840
10	*289,0	251,1	+ 239,9	0,3433	0,786
11	276,7	249,5	+ 240,2	0,3629	0,832

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	au déversoir de comparaison H	HAUTEUR de la retenue d'aval h_1	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_1}$
	millim.	millim.	millim.		
12	283,8	249,4	+ 250,3	0,3492	0,800
13	*305,6	248,2	+ 256,8	0,3103	0,709
14	*314,8	246,9	+ 268,9	0,2944	0,672
15	*339,9	248,7	+ 298,6	0,2653	0,604
16	*365,6	250,1	+ 332,5	0,2398	0,544
17	*388,3	249,9	+ 360,8	0,2188	0,495
	Charge amont : 0m,30.				
1	298,2	299,4	+ 88,4	0,4279	0,979
2	298,2	298,5	+ 117,9	0,4252	0,972
3	299,6	299,5	+ 150,3	0,4244	0,970
4	301,1	298,9	+ 179,0	0,4199	0,960
5	303,9	298,1	+ 209,0	0,4124	0,942
6	308,7	297,8	+ 239,4	0,4023	0,919
7	314,3	299,4	+ 251,8	0,3947	0,901
8	*317,2	298,2	+ 256,6	0,3870	0,883
9	318,1	296,9	+ 268,4	0,3828	0,873
10	*329,6	299,2	+ 268,7	0,3672	0,836
11	325,3	298,5	+ 281,8	0,3732	0,851
12	*348,8	298,3	+ 284,2	0,3358	0,763
13	*363,6	297,6	+ 299,7	0,3144	0,713
14	*376,7	296,1	+ 319,4	0,2959	0,670
15	*384,9	299,4	+ 328,4	0,2913	0,659
16	*408,2	298,5	+ 358,8	0,2655	0,599
	Charge amont : 0m,35.				
1	341,4	349,9	+ 90,0	0,4422	1,006
2	340,5	349,9	+ 118,6	0,4432	1,008
3	341,1	349,3	+ 150,1	0,4408	1,003
4	342,9	349,9	+ 179,8	0,4385	0,997
5	342,3	347,7	+ 210,1	0,4356	0,991
6	348,6	350,3	+ 238,2	0,4286	0,974
7	353,0	347,7	+ 269,2	0,4159	0,945
8	357,5	348,4	+ 282,8	0,4093	0,929
9	*376,7	347,5	+ 299,8	0,3769	0,853
10	362,3	347,3	+ 299,9	0,3992	0,906
11	*392,7	345,9	+ 314,8	0,3516	0,794
12	368,5	345,7	+ 316,5	0,3865	0,876
13	378,1	349,9	+ 325,3	0,3787	0,857
14	*407,6	349,4	+ 827,7	0,3377	0,762
15	*429,8	349,9	+ 360,1	0,3125	0,703
	Charge amont : 0m,40.				
1	380,9	396,4	+ 120,1	0,4528	1,025
2	380,9	395,2	+ 148,7	0,4507	1,020
3	382,0	395,7	+ 180,0	0,4496	1,017
4	382,7	396,7	+ 208,0	0,4501	1,018
5	385,1	395,6	+ 239,7	0,4440	1,004
6	388,3	395,3	+ 270,8	0,4380	0,990
7	395,9	395,7	+ 299,1	0,4261	0,962
8	404,1	395,4	+ 329,2	0,4128	0,931
9	*420,2	395,4	+ 330,4	0,3892	0,876
10	*439,7	395,4	+ 345,2	0,3636	0,817
11	412,7	396,2	+ 346,2	0,4011	0,904
12	426,5	397,9	+ 358,0	0,3844	0,865

Série n° 201. — Déversoir de [illegible]

Septembre 1892. — Température [illegible]

Déversoir soumis à l'étude : hauteur [illegible] largeur l = 1m,9950.

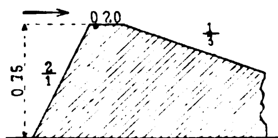
Déversoir de comparaison : hauteur [illegible] largeur L = 1m,9880.

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	au déversoir de comparaison H	HAUTEUR de la retenue d'aval h_1
	Charge amont : 0m,[illegible]		
	millim.	millim.	millim.
1	112,5	99,6	+ 43,1
2	115,2	101,4	+ 54,[illegible]
3	118,8	104,5	+ 70,1
4	*118,3	103,5	+ 71,[illegible]
5	*117,4	101,3	+ 85,[illegible]
6	*118,7	99,1	+ 100,1
7	*125,8	100,5	+ 111,[illegible]
8	*149,5	104,5	+ 141,1
9	*161,6	100,5	+ 154,[illegible]
	Charge amont : 0m,[illegible]		
1	163,0	151,3	+ 55,1
2	166,9	155,1	+ 70,[illegible]
3	164,9	152,6	+ 84,[illegible]
4	164,4	150,7	+ 99,[illegible]
5	166,3	153,0	+ 111,0
6	168,1	152,6	+ 127,[illegible]
7	*166,6	149,9	+ 128,[illegible]
8	*170,1	149,7	+ 140,8
9	*178,1	152,6	+ 156,0
10	*189,7	153,1	+ 172,0
11	*216,1	152,4	+ 200,[illegible]
12	*241,2	150,9	+ 229,[illegible]
	Charge amont : 0m,[illegible]		
1	209,4	202,9	+ 70,1
2	211,0	203,9	+ 83,[illegible]
3	208,5	199,9	+ 97,[illegible]
4	208,0	201,1	+ 111,[illegible]
5	211,0	201,5	+ 140,7
6	211,5	198,3	+ 157,[illegible]
7	217,1	199,6	+ 171,[illegible]
8	*215,7	199,3	+ 171,[illegible]
9	221,2	201,3	+ 186,[illegible]
10	*222,4	202,6	+ 186,[illegible]
11	*230,1	201,5	+ 201,[illegible]
12	*239,1	201,4	+ 213,[illegible]
13	*253,5	202,8	+ 238,[illegible]
14	*278,5	202,5	+ 258,[illegible]
15	*302,3	202,2	+ 286,[illegible]

…observées au déversoir de comparaison H	Hauteur de la retenue d'aval h_1	Coefficient du déversoir soumis à l'étude m	Rapport $\frac{m}{m_1}$
…arge amont : 0m,25.			
millim.	millim.		
249,4	+ 83,2	0,4262	0,934
249,9	+ 99,6	0,4249	0,931
249,8	+ 111,8	0,4265	0,935
247,7	+ 142,9	0,4221	0,925
251,9	+ 170,9	0,4150	0,908
249,9	+ 200,1	0,4041	0,883
249,1	+ 214,7	0,3964	0,866
247,0	+ 216,6	0,3923	0,857
250,9	+ 227,7	0,3877	0,845
247,0	+ 227,8	0,3816	0,832
252,8	+ 241,1	0,3694	0,802
249,5	+ 256,5	0,3395	0,735
250,2	+ 287,1	0,2973	0,637
248,9	+ 300,0	0,2800	0,598
249,5	+ 312,8	0,2686	0,572
247,6	+ 342,9	0,2396	0,506
…rge amont : 0m,30.			
298,9	+ 98,9	0,4457	0,964
298,3	+ 113,0	0,4463	0,966
301,4	+ 140,2	0,4481	0,969
297,7	+ 154,7	0,4412	0,954
299,5	+ 170,5	0,4442	0,961
300,0	+ 202,0	0,4382	0,947
297,0	+ 227,3	0,4269	0,922
299,3	+ 241,7		
301,7	+ 242,0	0,4219	0,909
300,5	+ 241,3		
297,8	+ 255,7	0,4095	0,881
299,6	+ 258,6	0,4102	0,883
300,7	+ 269,2	0,3955	0,848
301,8	+ 270,6	0,4046	0,869
300,9	+ 283,8	0,3739	0,799
301,2	+ 284,2		
290,6	+ 299,5	0,3335	0,709
298,7	+ 314,1	0,3269	0,692
299,9	+ 339,3	0,3016	0,634
299,6	+ 371,8	0,2732	0,569
…harge amont : 0m,35.			
349,2	+ 142,3	0,4661	0,996
348,3	+ 171,1	0,4602	0,982
349,3	+ 200,5	0,4624	0,987
347,6	+ 230,1	0,4541	0,968
349,0	+ 255,0	0,4474	0,953
351,5	+ 269,5	0,4419	0,939
348,1	+ 285,2	0,4334	0,921
351,6	+ 301,9	0,4234	0,897
351,1	+ 302,4	0,4192	0,888
349,4	+ 313,8	0,3953	0,833
350,6	+ 326,4	0,3789	0,796
348,6	+ 340,8	0,3546	0,741
349,3	+ 372,3	0,3246	0,673

Numéros des expériences	Charges observées au déversoir soumis à l'étude h	Charges observées au déversoir de comparaison H	Hauteur de la retenue d'aval h_1	Coefficient du déversoir soumis à l'étude m	Rapport $\frac{m}{m_1 \text{ ou } 3}$
Charge amont : 0m,40.					
	millim.	millim.	millim.		
1	367,0	396,3	+ 172,5	0,4791	1,010
2	369,4	398,2	+ 199,8	0,4781	1,007
3	372,5	400,2	+ 225,0	0,4757	1,001
4	372,0	396,0	+ 256,4	0,4690	0,987
5	375,9	397,0	+ 286,0	0,4634	0,975
6	379,1	394,4	+ 301,0	0,4531	0,952
7	384,2	398,0	+ 315,5	0,4503	0,944
8	390,6	398,0	+ 328,2	0,4393	0,919
9	*405,2	397,3	+ 341,3	0,4146	0,863
10	*419,5	397,2	+ 356,7	0,3934	0,816
11	*435,3	394,5	+ 372,2	0,3684	0,760
12	*444,5	395,8	+ 385,4	0,3588	0,738
13	*458,2	397,8	+ 400,8	0,3455	0,707
Charge amont : 0m,45.					
1	406,4	445,2	+ 200,3	0,4911	1,022
2	406,9	445,4	+ 225,9	0,4905	1,021
3	407,2	444,9	+ 256,5	0,4892	1,018
4	409,3	444,4	+ 284,2	0,4846	1,008
5	417,5	448,1	+ 313,6	0,4763	0,988
6	424,9	447,3	+ 341,1	0,4626	0,957
7	428,2	445,6	+ 357,1	0,4546	0,940
8	436,5	445,7	+ 369,4	0,4419	0,911
9	*455,7	446,4	+ 385,1	0,4153	0,851
10	*469,7	445,9	+ 400,3	0,3961	0,808

Série n° 202. — Déversoir de 0m,75 de hauteur.



Décembre 1893 et janvier 1894. — Température de l'eau : 4°,5.

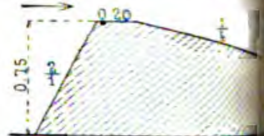
Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,751 ; largeur l = 1m,9858.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,135 ; largeur L = 1,9948.
Rapport $\frac{L}{l} = 0,9995$

Numéros des expériences	Charges observées au déversoir soumis à l'étude h	Charges observées au déversoir de comparaison H	Hauteur de la retenue d'aval h_1	Coefficient du déversoir soumis à l'étude m	Rapport $\frac{m}{m_1 \text{ ou } 3}$
Charge amont : 0m,10.					
1	115,7	100,8	+ 58,7	0,3523	0,814
2	116,6	100,0	+ 88,3	0,3442	0,795
3	124,4	103,4	+ 105,0	0,3280	0,759
4	*130,4	100,8	+ 119,9	0,2945	0,682
5	*143,8	102,4	+ 134,1	0,2602	0,603
6	*156,3	100,3	+ 148,5	0,2227	0,516

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	HAUTEUR de la retenue d'aval h_1	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_1}$
	Charge amont : 0m,15.				
	millim.	millim.	millim.		
1	167,0	150,8	+ 88,2	0,3674	0,851
2	168,2	150,2	+ 118,7	0,3614	0,837
3	173,8	150,4	+ 148,5	0,3447	0,798
4	185,8	153,4	+ 166,7	0,3211	0,743
5	*197,0	153,8	+ 181,9	0,2952	0,682
6	*208,6	154,4	+ 194,4	0,2725	0,629
7	*222,5	152,2	+ 209,4	0,2422	0,559
	Charge amont : 0m,20.				
1	214,3	199,9	+ 87,4	0,3838	0,886
2	214,8	200,2	+ 118,3	0,3833	0,885
3	215,7	199,6	+ 146,1	0,3792	0,875
4	224,8	202,6	+ 179,2	0,3644	0,840
5	230,4	200,1	+ 205,2	0,3448	0,794
6	*253,7	203,0	+ 228,3	0,3048	0,700
7	*262,6	201,6	+ 242,1	0,2865	0,658
8	*281,2	202,8	+ 256,5	0,2609	0,598
9	*288,2	201,9	+ 268,7	0,2498	0,572
	Charge amont : 0m,25.				
1	260,8	251,2	— 57,9	0,4024	0,924
2	259,9	250,1	+ 1,8	0,4018	0,923
3	259,9	251,0	+ 61,1	0,4040	0,928
4	260,5	250,6	+ 120,2	0,4017	0,922
5	261,8	251,4	+ 148,1	0,4006	0,920
6	265,2	252,0	+ 182,5	0,3943	0,905
7	269,4	251,0	+ 208,9	0,3828	0,878
8	277,2	251,5	+ 240,4	0,3679	0,843
9	*298,2	250,0	+ 264,9	0,3268	0,747
10	*331,5	251,2	+ 299,5	0,2808	0,640
11	*358,7	253,5	+ 332,8	0,2529	0,574
	Charge amont : 0m,30.				
1	305,2	301,0	+ 86,1	0,4176	0,954
2	305,5	300,5	+ 118,3	0,4159	0,950
3	305,4	300,0	+ 145,2	0,4151	0,948
4	308,7	302,7	+ 178,0	0,4141	0,946
5	308,1	299,5	+ 204,5	0,4086	0,933
6	312,8	301,5	+ 240,0	0,4035	0,921
7	321,8	302,0	+ 267,3	0,3877	0,884
8	332,5	302,1	+ 294,8	0,3693	0,841
9	338,0	301,4	+ 301,0	0,3590	0,817
10	*365,3	301,9	+ 324,4	0,3203	0,726
11	*391,2	302,3	+ 360,9	0,2897	0,655
12	*418,9	302,5	+ 386,8	0,2617	0,589
	Charge amont : 0m,35.				
1	351,4	350,5	+ 149,7	0,4256	0,967
2	350,9	350,8	+ 179,5	0,4271	0,970
3	352,2	350,9	+ 209,2	0,4249	0,965
4	356,9	354,1	+ 238,6	0,4224	0,959
5	360,3	350,9	+ 273,2	0,4107	0,932
6	365,9	351,8	+ 297,3	0,4028	0,913

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	HAUTEUR de la retenue d'aval h_1
	millim.	millim.	millim.
7	380,1	351,2	+ 332,2
8	*402,9	352,9	+ 356,0
9	*443,1	352,7	+ 391,9
	Charge amont : 0m,[illegible]		
1	394,9	401,5	+ 179,6
2	394,9	400,7	+ 209,6
3	397,1	401,6	+ 238,9
4	399,6	401,2	+ 269,5
5	404,2	402,4	+ 297,8
6	409,0	400,8	+ 330,2
7	422,3	403,2	+ 359,6
8	439,6	401,4	+ 390,0

Série n° 203. — Déversoir de 0m,[illegible]



Février 1894. — Température de l'[illegible]

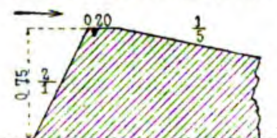
Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,[illegible]; largeur l = 1m,9860.

Déversoir de comparaison : hauteur 1m,[illegible]; largeur L = 1m,9840.

NUMÉROS des expériences	h	H	h_1
	Charge amont : 0m,[illegible]		
1	115,6	100,4	+ 56,8
2	115,8	99,8	+ 86,8
3	*119,0	100,4	+ 101,4
4	*127,0	99,7	+ 117,2
5	*138,4	99,9	+ 131,6
6	*152,8	99,5	+ 147,7
	Charge amont : 0m,[illegible]		
1	166,3	150,8	+ 88,6
2	165,8	149,4	+ 118,3
3	169,4	149,2	+ 148,0
4	176,7	150,1	+ 162,4
5	*188,8	148,7	+ 178,0
6	*203,5	149,1	+ 192,2
7	*217,6	150,0	+ 208,5
	Charge amont : 0m,[illegible]		
1	215,4	199,8	+ 88,1
2	218,2	201,6	+ 115,6
3	214,8	200,1	+ 118,9
4	217,4	200,4	+ 149,7
5	218,5	200,2	+ 179,0

[OB]SERVÉES au [...] déversoir de comparaison H	HAUTEUR de la retenue d'aval h_1	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_1}$
millim.	millim.		
200,7	+ 208,5	0,3482	0,802
199,0	+ 222,2	0,3152	0,725
200,5	+ 237,5	0,2974	0,683
201,1	+ 253,2	0,2743	0,629
199,9	+ 270,0	0,2523	0,578
[Ch]arge amont : 0m,25.			
250,4	+ 89,3	0,3996	0,918
251,1	+ 119,8	0,3985	0,915
248,7	+ 149,2	0,3987	0,915
251,7	+ 179,9	0,3930	0,902
250,0	+ 208,2	0,3870	0,888
251,6	+ 239,3	0,3746	0,859
249,8	+ 268,6	0,3416	0,782
251,5	+ 299,0	0,2969	0,677
249,7	+ 328,7	0,2568	0,584
[Ch]arge amont : 0m,30.			
301,2	+ 147,1	0,4092	0,934
300,1	+ 180,5	0,4075	0,931
299,8	+ 207,3	0,4043	0,923
299,8	+ 237,8	0,4001	0,913
299,5	+ 267,5	0,3886	0,886
300,4	+ 299,5	0,3690	0,841
300,1	+ 326,6	0,3306	0,751
300,4	+ 360,2	0,2864	0,647
300,2	+ 388,1	0,2612	0,588
[Ch]arge amont : 0m,35.			
350,9	+ 176,1	0,4170	0,947
347,7	+ 210,1	0,4173	0,948
351,9	+ 236,0	0,4137	0,939
350,6	+ 268,6	0,4108	0,932
350,7	+ 297,7	0,4030	0,914
349,8	+ 326,7	0,3888	0,881
350,5	+ 358,7	0,3603	0,814
350,5	+ 387,1	0,3428	0,773
[Ch]arge amont : 0m,40.			
401,1	+ 208,0	0,4256	0,961
400,5	+ 239,1	0,4242	0,957
400,5	+ 268,1	0,4223	0,953
401,4	+ 298,8	0,4182	0,943
401,4	+ 325,6	0,4134	0,932
401,9	+ 360,0	0,3990	0,898
400,5	+ 389,5	0,3806	0,856

Série n° 204. — Déversoir de 0m,75 de hauteur.



Janvier et février 1894. — Température de l'eau : 6°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,751 ; largeur l = 1m,9859.
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,135 ; largeur L = 1m,9849.
Rapport $\frac{L}{l} = 0,9995$

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	HAUTEUR de la retenue d'aval h_1	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_1}$
	Charge amont : 0m,10.				
	millim.	millim.	millim.		
1	116,9	100,6	+ 56,7	0,3459	0,799
2	116,5	100,2	+ 89,7	0,3457	0,799
3	*118,7	100,6	+ 103,1	0,3380	0,781
4	*131,2	100,3	+ 118,5	0,2897	0,670
5	*137,3	100,6	+ 132,6	0,2718	0,629
6	*155,4	100,0	+ 150,3	0,2237	0,518
	Charge amont : 0m,15.				
1	166,1	148,5	+ 87,7	0,3620	0,839
2	169,2	151,0	+ 120,0	0,3609	0,836
3	169,4	149,1	+ 148,5	0,3537	0,819
4	*177,6	149,6	+ 163,1	0,3310	0,766
5	*178,9	151,2	+ 164,2	0,3326	0,770
6	*189,6	148,4	+ 179,3	0,2966	0,686
7	*200,7	149,9	+ 192,5	0,2764	0,639
8	*219,4	148,3	+ 207,9	0,2380	0,549
	Charge amont : 0m,20.				
1	217,8	200,9	+ 150,7	0,3774	0,871
2	220,3	200,3	+ 178,7	0,3693	0,852
3	232,9	200,8	+ 204,7	0,3410	0,786
4	*239,7	201,7	+ 223,7	0,3288	0,757
5	*254,1	200,8	+ 236,1	0,2992	0,687
6	*268,2	202,0	+ 752,9	0,2785	0,639
7	*283,1	205,9	+ 271,4	0,2642	0,605
	Charge amont : 0m,25.				
1	265,7	251,9	+ 90,6	0,3930	0,902
2	265,5	250,6	+ 116.5	0,3903	0,896
3	269,1	253,9	+ 149,9	0,3901	0,895
4	266,8	250,5	+ 176,3	0,3873	0,889
5	272,4	254,7	+ 211,0	0,3848	0,883
6	274,4	250,4	+ 237,2	0,3711	0,851
7	*293,2	253,5	+ 271,5	0,3422	0,783
8	*317,3	250,6	+ 295.7	0,2988	0,682
9	*349,0	253,7	+ 330,9	0,2638	0,600

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	HAUTEUR de la retenue d'aval h_1	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'étude m	RAPPORT $\frac{m}{m_1}$
Charge amont : 0m,30.					
	millim.	millim.	millim.		
1	312,6	300,7	+ 178,5	0,4022	0,918
2	312,3	299,9	+ 209,6	0,4012	0,916
3	312,4	298,4	+ 239,6	0,3981	0,909
4	319,5	299,3	+ 269,4	0,3866	0,882
5	326,1	298,3	+ 298,2	0,3731	0,850
6	353,0	299,6	+ 328,3	0,3334	0,757
7	*384,1	299.8	+ 357,3	0,2940	0,665
8	*411,7	299,6	+ 387,9	0,2647	0,597
Charge amont : 0m,35.					
1	358,0	349,9	+ 180.0	0,4129	0,937
2	360,6	349,7	+ 209,0	0,4080	0,926
3	360.2	350.5	+ 239,1	0,4101	0,931
	millim.	millim.	millim.		
4	362,0	348.8	+ [illegible]	[illegible]	[illegible]
5	369.1	351.5	– [illegible]	[illegible]	[illegible]
6	373,9	350.6	+ [illegible]	[illegible]	[illegible]
7	389,0	349.1	+ [illegible]	[illegible]	[illegible]
8	*420,5	349,9	+ [illegible]	[illegible]	[illegible]
Charge amont : [illegible]					
1	405,2	399,3	+ [illegible]	[illegible]	[illegible]
2	408,1	400.4	+ [illegible]	[illegible]	[illegible]
3	407,6	400.1	+ [illegible]	[illegible]	[illegible]
4	410,6	400,0	+ [illegible]	[illegible]	[illegible]
5	412,3	398,1	+ [illegible]	[illegible]	[illegible]
6	420,8	400,2	+ [illegible]	[illegible]	[illegible]
7	433,1	399,2	+ [illegible]	[illegible]	[illegible]

Série n° 205.

NAPPES NOYÉES EN DESSOUS AVEC RETENUE D'AVAL.

Déversoir de 0m,75 de hauteur, couronné par une crête de 0m,40 d'épaisseur.



(**La flèche** placée en tête du croquis indique le sens de l'écoulement. — La position du tube des pressions est indiquée par un point.)

Les nappes ondulées sont désignées par un astérisque *.

Février et mars 1894. — Température moyenne de l'eau : 7°.

Déversoir soumis à l'étude : hauteur 0m,751 ; largeur l = 1m,9845
Déversoir de comparaison : hauteur 1m,135 ; largeur L = 1m,9845
Rapport $\frac{L}{l}$ = 1m,000.

NUMÉROS des expériences	CHARGES OBSERVÉES au déversoir soumis à l'étude h	CHARGES OBSERVÉES au déversoir de comparaison H	HAUTEUR de la retenue d'aval h_1	COEFFICIENT du déversoir soumis à l'éutde m	RAPPORT $\frac{m}{m_1}$
	Charge amont : 0m,10.				
	millim.	millim.	millim.		
1	*117,3	100,5	+ 93,0	0,3438	0,794
2	*119,6	101,1	+ 108,0	0,3368	0,779
3	*127,4	99,9	+ 119,5	0,3010	0,696
4	*140,9	99,7	+ 134,6	0,2581	0,598
5	*156,1	100,2	+ 149,7	0,2230	0,517
	Charge amont : 0m,15.				
1	170,9	149,5	+ 117,5	0,3505	0,812
2	*173,6	150,1	+ 149,7	0,3444	0,797
3	*180,8	150,1	+ 164,0	0,3240	0,750
4	*189,8	151,2	+ 180,7	0,3045	0,704
5	*205,9	150,1	+ 195,8	0,2662	0,615
6	*215,9	150,9	+ 209,9	0,2503	0,578
	Charge amont : 0m,20.				
1	228,4	199,6	+ 179,9	0,3482	0,802
2	228,3	201,4	+ 194,8	0,3531	0,814
3	*234,1	198,8	+ 210,8	0,3335	0,768
4	*242,1	200,8	+ 225,8	0,3220	0,741
5	*254,4	200,4	+ 239,6	0,2980	0,685
6	*267,2	201,4	+ 255,7	0,2789	0,640
7	*280,9	200,4	+ 270,4	0,2568	0,588
	Charge amont : 0m,25.				
1	274,2	248,8	+ 120,0	0,3681	0,844
2	274,3	249,5	+ 151,5	0,3695	0,847
3	275,8	248,8	+ 179,5	0,3649	0,837
	millim.	millim.	millim.		
4	276,8	250,6	+ 209,8	0,3669	0,841
5	280,9	248,5	+ 240,2	0,3544	0,812
6	291,6	249,7	+ 269,1	0,3375	0,772
7	*313,8	248,3	+ 300,5	0,2997	0,684
8	*345,2	249,6	+ 330,7	0,2619	0,595
9	*373,6	248,4	+ 360,6	0,2309	0,523
	Charge amont : 0m,30.				
1	327,6	300,7	+ 211,5	0,3752	0,855
2	327,6	299,7	+ 238,2	0,3733	0,851
3	332,4	301,3	+ 270,1	0,3681	0,838
4	337,1	300,0	+ 297,4	0,3581	0,815
5	353,3	301,0	+ 329,3	0,3355	0,762
6	*380,1	300,4	+ 359,1	0,2997	0,678
7	*409,9	301,0	+ 392,1	0,2684	0,605
	Charge amont : 0m,35.				
1	377,3	349,6	+ 270,0	0,3813	0,863
2	381,9	351,0	+ 299,0	0,3767	0,852
3	383,7	348,3	+ 329,3	0,3697	0,836
4	394,0	349,3	+ 359,3	0,3568	0,806
5	*414,7	348,7	+ 389,4	0,3292	0,742
	Charge amont : 0m,40.				
1	426,2	399,6	+ 300,3	0,3891	0,876
2	430,6	399,5	+ 331,5	0,3830	0,861
3	434,6	399,9	+ 360,3	0,3783	0,850
4	441.6	399,9	+ 389,9	0,3694	0,830

Nous avons déjà montré, en discutant les expérienc analogues sur les déversoirs à poutrelles, que la larg de la crête modifie complètement l'effet de la reten Tandis que, sur les déversoirs en mince paroi, l'influe du niveau d'aval se manifeste bien avant qu'il n' teigne la crête, il faut, sur les déversoirs à crête lar qu'il dépasse le seuil, et cela d'autant plus que le s lui-même est plus large. Pour mettre ce fait en éviden il suffira de résumer les résultats qui précèdent, en r prochant les charges correspondant à un même dé pour les différents niveaux de l'aval (*). Commençons les séries nos 195, 196, 197 ; les déversoirs, tous tr vive arête et à parement d'amont vertical, ne différai que par les inclinaisons du talus d'aval, qui ont été s cessivement réglées à 1/1, 1/2 et 1/5.

(*) Les charges sur le barrage-type ne pouvant être exacte de $0^m,10$, $0^m,15$, $0^m,20$... en nombre rond, et le niveau d'aval ne pou de même se régler rigoureusement à $0^m,06$, $0^m,09$, $0^m,12$, ... au-de ou au-dessous du seuil, les charges qui figurent dans les tableau séries ont dû, pour être tout à fait comparables, subir de légères rections dont il est facile de se rendre compte; ces corrections pas, d'ailleurs, bien grande importance pour l'interprétation résultats.

CHARGES EN MILLIMÈTRES OBSERVÉES SUR LES DÉVERSOIRS A VIVE ARÊTE ET A TALUS
(Séries nos 195, 196 et 197).

CHARGES sur le déversoir type d'amont	POSITION DU NIVEAU D'AVAL PAR RAPPORT AU SEUIL DU DÉVERSOIR								
	Ressaut éloigné	− 0m,06	0	+ 0m,06	+ 0m,12	+ 0m,18	+ 0m,24	+ 0m,30	+ 0m,36
Talus d'aval à 1/1 (Série n° 195)									
0,15	139	140	144	157	180	»	»	»	»
0,20	183	186	189	199	220	247	»	»	»
0,25	228	229	233	246	265	287	312	»	»
0,30	272	274	277	286	305	329	353	377	»
0,35	317	318	323	334	351	371	392	412	»
0,40	361	364	370	382	397	413	429	448	»
Talus d'aval à 1/2 (Série n° 196)									
0,15	148	»	149	156	175	»	»	»	»
0,20	196	»	197	203	214	243	»	»	»
0,25	243	»	245	248	257	280	315	»	»
0,30	289	»	»	294	301	316	346	381	»
0,35	338	»	»	340	346	356	375	411	»
0,40	386	»	»	»	391	400	416	438	»
Talus d'aval à 1/5 (Série n° 197)									
0,15	161	»	»	»	168	204	»	»	»
0,20	212	»	»	»	213	227	271	»	»
0,25	263	»	»	»	»	270	293	328	»
0,30	314	»	»	»	»	315	327	358	404
0,35	366	»	»	»	»	»	371	390	423
0,40	417	»	»	»	»	»	»	428	452

La deuxième colonne du tableau, déduite des séries nos 136, 137 et 141, fait connaître les charges correspondant au même débit, dans le cas où l'influence d'aval n'ayant pas lieu, le ressaut s'éloigne du pied de la nappe ; c'est en comparant ces charges, prises comme point de départ, que l'on peut se rendre compte de l'influence progressive du relèvement de l'aval.

Quand le talus d'aval est incliné à 1/1 (série n° 195), le relèvement du niveau d'aval commence à se transmettre à l'amont, dès que ce niveau est à quelques centimètres au-dessous de la crête du déversoir. Si l'on incline

le talus d'aval à 1/2 (série n° 196), l'effet de la retenu
n'apparaît sur le plan d'eau d'amont qu'à partir du momen
où cette retenue dépasse la crête ; il est peu importa
au début. Mais, si l'on abaisse l'inclinaison du talus d'av
à 1/5 (série n° 197), cette faible inclinaison produit l
même effet qu'une crête large, c'est-à-dire que l'exhau
sement du plan d'eau d'aval se transmet beaucoup pl
difficilement à l'amont ; il faut, pour qu'il devienne se
sible, que la hauteur de la retenue au-dessus de la crê
du déversoir atteigne la moitié environ de la charge.

Comparons de même les déversoirs à crête de 0m,2
de largeur (séries n° 198 à 204). Pour plus de simplicit
et afin de n'avoir que des résultats parfaitement comp
rables, nous laisserons de côté les séries nos 199 et 20
exécutées sur des déversoirs de 0m,35 de hauteur, leu
résultats ne différant d'ailleurs pas beaucoup de ceux d
séries nos 198 et 200. Nous n'aurons donc à rapproch
que cinq séries, dans lesquelles les déversoirs ont eu mê
largeur en crête (0m,20), même hauteur (0m,75), mê
pente d'amont (2/1), et ne différaient que par l'inclin
son du talus d'aval qui a été successivement réglé
1/1, 1/2, 1/3, 1/4 et 1/5. L'indication des charges co
respondant au ressaut éloigné a été empruntée a
séries nos 147, 151, 153, 154 et 156.

(Séries nos 198, 200, 202, 203 et 204).

Charges sur le déversoir type d'amont	Hauteur de la retenue d'aval au-dessus du seuil						
	Ressaut éloigné	0m,06	0m,12	0m,18	0m,24	0m,30	0m,36
Talus d'aval à 1/1 (Série n° 198).							
0,15	161	162	169	199	»	»	»
0,20	208	209	211	227	271	»	»
0,25	249	»	253	263	294	336	»
0,30	291	»	293	299	321	362	»
0,35	332	»	»	337	352	388	»
0,40	371	»	»	375	386	418	»
Talus d'aval à 1/2 (Série n° 200).							
0,15	164	165	169	197	257	»	»
0,20	209	210	212	223	271	324	»
0,25	254	255	256	261	286	340	392
0,30	297	»	299	301	314	359	415
0,35	339	»	341	342	350	371	432
0,40	383	»	384	386	389	401	444
Talus d'aval à 1/3 (Série n° 202).							
0,15	165	166	168	190	»	»	»
0,20	213	211	215	223	259	»	»
0,25	259	»	261	262	278	329	»
0,30	305	»	»	306	312	338	389
0,35	349	»	»	350	353	365	403
0,40	393	»	»	»	395	402	419
Talus d'aval à 1/4 (Série n° 203).							
0,15	165	»	167	190	»	»	»
0,20	215	»	216	220	257	»	»
0,25	261	»	»	263	274	318	»
0,30	308	»	»	309	313	332	389
0,35	354	»	»	355	357	365	391
0,40	400	»	»	»	402	406	419
Talus d'aval à 1/5 (Série n° 204).							
0,15	167	»	168	192	»	»	»
0,20	215	»	221	254	»	»	»
0,25	263	»	264	266	276	316	»
0,30	312	»	»	314	332	385	»
0,35	359	»	»	»	360	367	393
0,40	406	»	»	»	407	410	422

Malgré quelques anomalies, on voit que l'influence d l'aval est à peine sensible tant que la hauteur h_1 de l retenue au-dessus de la crête du barrage est inférieure la moitié de la charge h.

Si l'on considère enfin la série n° 205 dans laquelle largeur de la crête avait été portée à $0^m,40$, ce influence diminue encore et ne devient appréciable q lorsque la hauteur de la retenue atteint les deux tiers la charge.

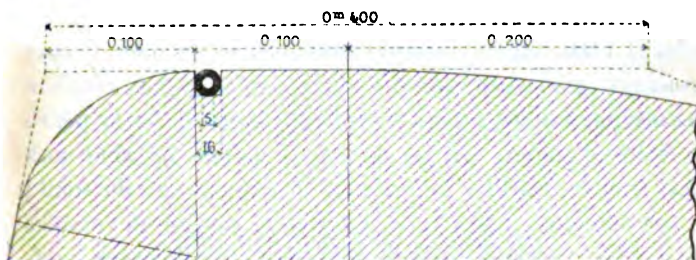
Rapport $\frac{e}{h}$. — Le rapport $\frac{e}{h}$ est peu variable dans l onze séries d'expériences que nous venons de discute sauf toutefois sur les déversoirs à vive arête qu'il co vient de considérer à part.

Lorsque la pente du talus d'aval est 1/1 ou 1/2 (séri n°s 195 et 196), la valeur de $\frac{e}{h}$ est environ 0,80, tant que l niveau d'aval est un peu au-dessous de la crête ; dès qu l'a dépassée, $\frac{e}{h}$ augmente progressivement jusqu'à 0,8 ou 0,86, la nappe conservant la forme noyée en dessou lorsqu'elle a pris la forme ondulée, il s'élève à 0,8 ou 0,88. En passant à la série n° 197 (pente du tal d'aval 1/5), il augmente de 2 ou 3 centièmes.

Dans les autres séries $\frac{e}{h}$ diffère peu de 0,85 ou 0,8 pour les nappes noyées en dessous, et atteint 0,90 ou 0,9 pour les nappes ondulées. On voit que le changement d forme a pour effet d'augmenter de 4 ou 5 centièmes l valeur du rapport $\frac{e}{h}$.

Pressions sous les nappes.

La pression sous les nappes a été mesurée pour tous les types de déversoirs, en suivant les procédés déjà indiqués dans les fascicules précédents. Le point choisi pour la détermination de ces pressions était toujours placé immédiatement en aval de l'arête d'amont. Sur les déversoirs à crête arrondie, la pression a été mesurée au point de raccordement de la courbe d'amont avec la crête horizontale, ainsi que l'indique le croquis ci-dessous.



En discutant les expériences sur les déversoirs en mince paroi, nous avions été conduits à poser, entre le rapport $\frac{P_0}{h}$ de la pression P_0 à la charge h, et celui des coefficients m et m', les équations :

Nappes à ressaut éloigné : $\frac{m}{m'} = 1{,}01 - 0{,}245\,\frac{P_0}{h}\left(1 + \frac{1}{5}\,\frac{P_0}{h}\right)$

Nappes influencées par l'aval :

$\frac{P_0}{h}$ négatif $\quad \frac{m}{m'} = 1 - 0{,}235\,\frac{P_0}{h}\left(1 + \frac{1}{7}\,\frac{P_0}{h}\right)$

$\frac{P_0}{h}$ positif et $< 0{,}6$ $\quad \frac{m}{m'} = 1 - 0{,}235\,\frac{P_0}{h}\left(1 + \frac{P_0}{h}\right)$

$\frac{P_0}{h}$ positif et $> 0{,}6$ $\quad \frac{m}{m'} = \left(1 + 0{,}04\,\frac{h_1}{p}\right)\sqrt[3]{1 - \frac{P_0}{h}}.$

Ces relations restent-elles applicables sur les déversoirs

à talus? Pour nous en assurer, introduisons dans les fo mules précédentes les valeurs de $\frac{P_0}{h}$, dont on trouve le détail dans l'appendice, et comparons les valeurs de ainsi déduites avec celles que nous a fournies l'ex rience. Cette comparaison conduit au résultat suivant:

Quand le talus d'amont est vertical, les formules s applicables et donnent bien les valeurs du co cient $\frac{m}{m'}$ (*); si on l'incline peu à peu à 3/1, 2/1, 1/ les valeurs calculées deviennent un peu trop faibles doivent être augmentées de quelques centièmes, l'éc croissant à mesure que le parement d'amont s'incli davantage. Ce désaccord s'explique facilement: la pe du talus d'amont, par la direction qu'elle imprime a filets fluides, modifie la contraction au passage du seu or cet élément, à peu près invariable sur les déverso en mince paroi, est implicitement compris dans les co ficients des formules, qui doivent nécessairement condu à des valeurs un peu trop faibles.

Si l'on adoucit encore la pente de l'amont, en l'ab sant à 1/2, les formules fournissent des valeurs de p en plus faibles, surtout si le talus d'aval est égalem peu incliné sur l'horizontale; mais il faut remarquer al que la mesure des pressions ne se fait plus dans d conditions parfaitement comparables; l'orifice de l'instr ment ne se trouve plus, comme sur un déversoir à parem vertical, dans une eau morte qui tourbillonne sans vites de translation, immédiatement en aval de l'arête seuil. L'adoucissement de la pente amont a pour ef d'entraîner cette eau morte, qui participe alors plus

(*) Sauf une petite différence de 1 0/0 en moins, qui est peut-ê due à quelque particularité des procédés d'expérimentation.

moins au mouvement de la nappe, et les indications de l'instrument se trouvent modifiées. Aussi les formules cessent-elles complètement d'être applicables, quand on passe aux barrages à crêtes arrondies, dans lesquels l'eau morte sous la nappe disparaît presque entièrement.

Nous terminerons ici le compte rendu de nos expériences sur l'écoulement en déversoir. Ces recherches ayant pris beaucoup plus de développement que nous ne l'avions d'abord supposé, leurs résultats sont disséminés dans les six articles insérés aux *Annales* de 1888, 1890, 1891, 1894, 1896 et 1898. Il convient de les grouper dans un résumé d'ensemble ; c'est ce que nous allons essayer de faire sous une forme aussi réduite que possible, en laissant de côté les détails secondaires et les considérations accessoires qui ne présenteraient qu'un intérêt purement théorique.

RÉSUMÉ GÉNÉRAL DES EXPÉRIENCES.

Classification des diverses espèces de nappes. — Lorsque l'eau s'écoule par un orifice avec charge sur le sommet, on sait que le débit Q varie suivant le dispositif de cet orifice, le coefficient m de la formule $Q = m\omega\sqrt{2gh}$ devant être déterminé pour chaque cas particulier ; ce coefficient ne varie toutefois que dans des limites relativement restreintes. Les conditions sont plus complexes sur un déversoir ; l'influence du dispositif (largeur de la crête, pente des talus d'amont et d'aval, etc.), subsiste toujours, mais d'autres causes interviennent pour faire varier dans des limites beaucoup plus étendues le coefficient de la formule classique $Q = mlh\sqrt{2gh}$.

La nappe déversante, différant en cela de la veine issue d'un orifice avec charge sur le sommet, peut prendre

plusieurs formes parfaitement distinctes ; ces formes tituent en réalité autant de cas spéciaux, qu'il est saire d'étudier séparément, et l'on peut, en les dant, s'exposer à des erreurs importantes. Il faut avant tout, classer ces différentes formes, et faire naître leurs caractères distinctifs.

Nappes libres. — Le cas le plus simple et le défini, est celui d'un déversoir en mince paroi, sans traction latérale, dans lequel la nappe tombe libre dans l'air, sa surface inférieure restant toujours à la pression atmosphérique. On supprime la contra latérale en donnant au déversoir la largeur du canal née, que nous supposons à parois verticales ; immé ment au-dessous de la crête, ces parois doivent être posées de manière à permettre le libre accès de l'air la nappe, qui représente une simple tranche d'une de largeur illimitée. Le phénomène ainsi défini est tement constant ; ces nappes libres, indépendantes toute influence d'aval, se prêtent à une détermination cise du coefficient m.

Nappes déprimées et nappes noyées en dessous. Lorsque les parois du canal de fuite, en aval du déver ne sont pas disposées de manière à maintenir le accès de l'air sous la nappe, le phénomène se compli et la forme de la nappe, remarquablement constante le cas de la nappe libre, se modifie cette fois suiv le débit.

Tant que la charge ne dépasse pas une certaine li la nappe reste détachée du barrage, enfermant au-d sous d'elle un volume d'air, dont la pression est inféri à celle de l'atmosphère ; aussi voit-on l'eau s'élever la nappe à un niveau supérieur à celui de l'aval. On ainsi une sorte de nappe libre, modifiée et *déprimée* l'excès de la pression extérieure. Son débit, sur un dév soir en mince paroi, est, à égalité de charge, un peu

rieur à celui de la véritable nappe libre ; l'écart va en augmentant à mesure que le volume d'air emprisonné diminue. Les nappes déprimées ne sont pas très stables ; des rentrées d'air accidentelles se produisent de temps en temps et font varier à la fois la pression intérieure et le débit.

Dès que l'air a tout à fait disparu, la nappe prend une forme mieux définie, dite noyée en dessous. La partie vive de la veine, où s'opère le débit, recouvre une petite masse d'eau animée de mouvements confus, qui ne participe pas au mouvement de translation de la veine proprement dite.

La nappe noyée en dessous peut être indépendante du niveau d'aval, ou bien, au contraire, être influencée par ce niveau, dont toute modification réagit alors sur l'écoulement en amont du déversoir. Le premier cas se produit quand la chute est suivie d'un rapide se terminant par un ressaut brusque, au-delà duquel l'écoulement se règle suivant les conditions du canal de fuite ; la position de ce ressaut est sans influence sur le déversoir, pouvu qu'il ne vienne pas recouvrir le pied de la nappe.

Dans le second cas, c'est-à-dire quand le pied de la nappe est plus ou moins recouvert, on ne saurait faire abstraction de la hauteur du niveau d'aval ; car il peut se faire qu'il modifie le débit, bien que n'atteignant pas la crête du déversoir.

Nappes ondulées. — Lorsqu'on élève le niveau d'aval au-dessus de la crête du déversoir, la nappe noyée conserve sa forme tant que la chute de l'amont à l'aval ne descend pas au-dessous d'une certaine limite. Son profil caractéristique subsiste, en partie caché par son immersion dans le bief d'aval ; mais, quand on diminue progressivement la chute, il vient un moment où la nappe se reporte subitement à la surface, en affectant un profil ondulé. Ce changement, bien que très apparent, n'a cependant pas une

influence bien importante sur la valeur du coefficien
débit.

Nappes adhérentes. — Les formes de nappes que
venons de passer en revue sont celles que l'on renco
le plus ordinairement ; il en existe toutefois une
qui apparaît avec certains dispositifs. La nappe, au
de recouvrir, comme dans la forme noyée en dess
une petite masse d'eau tourbillonnant sans mouveme
translation, s'applique étroitement contre le barr
auquel elle devient adhérente. Elle présente alors,
certains cas, des particularités intéressantes. A
forme remarquable correspond souvent une augment
considérable du coefficient de débit.

L'ensemble des phénomènes est donc fort complexe,
l'on ne saurait le plus souvent déterminer avec exactitu
débit d'un déversoir sans avoir préalablement rec
sous quelle forme particulière de nappe s'opère l'éco
ment. Prenant pour exemple un déversoir de 0m,75
hauteur en mince paroi, nous avons constaté que, pour
même charge de 0m,20, la nappe peut affecter qu
formes bien distinctes, auxquelles correspondent des val
différentes du coefficient de la formule $Q = mlh\sqrt{2g}$

	VALEURS du coefficient
1° Nappe libre, dont la face inférieure reste constamment soumise à la pression atmosphérique	0,433
2° Nappe déprimée, renfermant un certain volume d'air, dont la pression est inférieure à celle de l'atmosphère	0,460
3° Nappe noyée en dessous, ne renfermant plus d'air, et maintenue par le plan d'eau d'aval réglé à 0m,125 au-dessous de la crête du déversoir	0,497
4° Nappe adhérente, complètement appliquée contre la face aval du barrage, le ressaut étant éloigné du pied de la nappe qui reste complètement découvert	0,554

On voit à quelles erreurs on peut être exposé, si l'on ne tient pas compte de la nature des nappes, qui constituent en réalité des modes d'écoulements différents.

Déversoirs en mince paroi. — *Nappes libres.* — Lorsque la nappe qui s'écoule sur un déversoir en mince paroi reste en libre communication avec l'atmosphère sur sa face inférieure, le seul élément qui modifie la valeur du coefficient m est la vitesse u dans le canal d'amenée, et, pour en tenir compte, on remplace ordinairement, dans la formule, h par $h + \alpha \frac{u^2}{2g}$, α étant un coefficient assez mal déterminé ; elle devient alors, en représentant par μ le coefficient m modifié (*),

$$Q = \mu l \left(h + \alpha \frac{u^2}{2g}\right) \sqrt{2g\left(h + \alpha \frac{u^2}{2g}\right)} = \mu l h \sqrt{2gh} \left(1 + \alpha \frac{u^2}{2gh}\right)^{\frac{3}{2}},$$

ou approximativement, en remarquant que $\frac{u^2}{2gh}$ est une fraction dépassant rarement quelques centimètres,

$$(1) \qquad Q = \mu l h \sqrt{2gh}\left(1 + \frac{3}{2}\alpha \frac{u^2}{2gh}\right).$$

Cette expression n'est pas d'un usage commode, puisque la vitesse u dépend elle-même du débit cherché ; mais, si l'on désigne par p la hauteur du déversoir au-dessus du fond du canal, la section mouillée de ce canal est $l(h + p)$, et l'on a :

$$\frac{u^2}{2g} = \frac{Q^2}{2gl^2(h + p)^2},$$

ou simplement, en remplaçant Q par sa valeur $mlh\sqrt{2gh}$,

$$\frac{u^2}{2gh} = m^2 \left(\frac{h}{h + p}\right)^2.$$

(*) Voir *Ann. des P. et Ch.*, 1888, 2e semestre, p. 417 et suiv.

influence bien importa' , ... m^2 = K, l'expression ci-
débit.

Nappes adhérer ...ique :
venons de passe' ·
le plus ordinai' $\left[1 + K\left(\frac{h}{h+p}\right)^2\right] lh\sqrt{2gh}.$
qui apparaît ·
de recouvr' ...éterminé les coefficients α, K et μ pa
une petite ...mparatives sur cinq déversoirs de hau
translati ...).
auquel ...ne sont pas tout à fait constants ; mais c
certa'
forr ...moyenne, $\alpha = \frac{5}{3}$; K = 0,55. Quant à μ, sa v
co ...pond au cas limite d'une vitesse d'arrivée nulle
...ait être obtenue directement, puisqu'il est impos
...supprimer complètement cette vitesse ; son influ
...réduisait toutefois à peu de chose sur le déverso
plus élevé. Le coefficient μ décroît lentement quan
charge augmente :

Charges h........	0m,05	0m,10	0m,20	0m,30	0m,40	
Coefficients μ correspondants....	0,448	0,432	0,421	0,417	0,414	

Lorsque h est supérieur à 0m,10, ces valeurs sont a
exactement représentées par la formule

$$(3) \qquad \mu = 0{,}405 + \frac{0{,}003}{h}.$$

En adoptant pour K la valeur 0,55, la formule
devient :

$$(4) \qquad m = \mu\left[1 + 0{,}55\left(\frac{h}{h+p}\right)^2\right].$$

On peut, dans bien des cas, pour les charges compr
entre 0m,10 et 0m,30, se contenter de donner à μ

(*) Voir *Ann. des P. et Ch.*, 1888, 2e semestre, séries nos 1 à 10, p.
408, 410, 420 et suiv.

valeur constante 0,425, en faisant simplement $K = \frac{1}{2}$; l'expression de m se réduit alors :

$$(5)\quad m = 0,425\left[1 + \frac{1}{2}\left(\frac{h}{h+p}\right)^2\right] = 0,425 + 0,212\left(\frac{h}{h+p}\right)^2,$$

et devient tout à fait pratique, toutes les fois que des erreurs de 2 ou 3 0/0 sont sans inconvénient (*).

C'est ce coefficient de débit de la nappe libre, parfaitement déterminé par la charge h et la hauteur p du barrage, qui nous a servi de point de comparaison ; au lieu de considérer, sur les autres déversoirs, les valeurs absolues des coefficients m qui leur sont propres, nous les comparerons au coefficient m' de la nappe libre, qui se produirait pour la même charge, sur un déversoir en mince paroi de même hauteur. Cette substitution des rapports $\frac{m}{m'}$ aux valeurs absolues m, éliminant, du moins en grande partie, l'influence de la vitesse d'arrivée, facilite beaucoup la discussion des résultats.

Dans ce qui précède, la face amont du barrage formant déversoir était supposée plane et verticale ; si on l'incline, les valeurs du coefficient m se modifient ; elles diminuent quand l'inclinaison se produit vers l'amont ; si, au contraire, on incline le plan du barrage vers l'aval, elles augmentent jusqu'à un maximum, qui correspond à peu près à l'inclinaison de 30°, pour décroître ensuite (**).

Le rapport entre les coefficients correspondant à deux inclinaisons différentes reste sensiblement le même, quelle que soit la charge, de telle sorte que l'on peut obtenir les valeurs de m pour une inclinaison donnée, en multi-

(*) Voir *Ann. des P. et Ch.*, 1888, 2e semestre, p. 446 à 448.
(**) Voir *Ann. des P. et Ch.*, 1890, 1er semestre, séries n° 11 à 30, p. 18 à 27.

pliant par un rapport ou module constant celles répondent au cas du déversoir vertical, ainsi que l'ind le tableau ci-après (*).

		Module par on doit multip le coefficient au déversoir v
Inclinaison vers l'amont	1 de base pour 1 de hauteur..	0,93
	2 — pour 3 — ..	0,94
	1 — pour 3 — ..	0,96
Déversoir vertical	....	1,00
Inclinaison vers l'aval	1 de base pour 3 de hauteur..	1,04
	2 — pour 3 — ..	1,07
	1 — pour 1 — ..	1,10
	2 — pour 1 — ..	1,12
	4 — pour 1 — ..	1,09

Ces rapports vont en croissant régulièrement, de l'inclinaison de 45° vers l'amont jusqu'à celle de 30° e ron vers l'aval, où a lieu le maximum ; le déversoir fonctionne plus, il est vrai, dans une condition norm quand on l'incline aussi fortement vers l'aval, la v liquide, au lieu de se contracter librement au passag seuil, se trouvant guidée par le plan incliné du barr avec lequel elle reste en contact immédiat.

Déversoirs en mince paroi. — *Nappes déprimées noyées en dessous.* — Lorsque l'air n'arrive plus li ment sous la nappe, le phénomène devient plus c pliqué, la nappe pouvant être, soit déprimée enferm encore de l'air à une pression inférieure à celle l'atmosphère, soit noyée en dessous sans air interposé.

A la forme déprimée correspond un débit légè ment supérieur à celui des nappes libres, l'écart p vant même s'élever à près de 10 0/0 au moment où nappe, ne renfermant presque plus d'air, est sur le p de prendre la forme noyée ; les rentrées d'air, qui

(*) Voir *Ann. des P. et Ch.*, 1890, 1er semestre, p. 49.

produisent de temps à autre, font un peu varier le débit (*).

Les nappes noyées sont plus régulières ; il importe de distinguer deux cas, suivant que le ressaut qui se produit au-delà de la nappe est éloigné de son pied, ou le recouvre au contraire en partie.

PREMIER CAS. — *Ressaut éloigné* (**). — Le coefficient m se déduit du coefficient m' de la nappe libre par la relation (***)

$$(6) \qquad m = m' \left[0{,}878 + 0{,}128 \frac{p}{h}\right].$$

Le rapport $\frac{p}{h}$ ne peut pas recevoir une valeur quelconque, l'expérience montrant qu'il est au plus égal à 2,5 ; car la forme noyée ne peut se maintenir si la charge h est inférieure à $0{,}4p$. Pour la valeur maximum $\frac{p}{h} = 2{,}5$, on a, fort approximativement, $m = 1{,}20m'$; et quand $h = p$, m devient sensiblement égal à m' ; enfin m est plus petit que m', quand h surpasse p.

Si l'on applique la formule ci-dessus à des déversoirs de diverses hauteurs, on constate que, pour une même valeur de $\frac{p}{h}$, les valeurs absolues de m ne diffèrent pas beaucoup de celles que donnerait l'expression (****) :

$$(7) \qquad m = 0{,}470 + 0{,}0075 \frac{p^2}{h^2},$$

laquelle permettrait, par suite, de déterminer une valeur

(*) Voir *Ann. des P. et Ch.*, 1891, 2e semestre, séries nos 35 à 38, p. 450 à 451.
(**) Voir *Ann. des P. et Ch.* 1894, 1er semestre, séries nos 53 à 62, p. 251 à 253, 261, 264, 265.
(***) Voir *Ann. des P. et Ch.*, 1894, 1er semestre, p. 258.
(****) Voir *Ann. des P. et Ch.*, 1894, 1er semestre, p. 259.

approchée du coefficient absolu m, sans passer par le c
cul du rapport $\frac{m}{m'}$.

SECOND CAS. — *Ressaut recouvrant en partie la nappe*
— Il faut tenir compte du niveau en aval du dévers
et, si l'on désigne par h_1 la différence de niveau entr
plan d'eau d'aval et la crête du déversoir, la valeur de
est (**) :

$$(8) \qquad m = m' \left[1{,}06 + 0{,}16 \left(\frac{h_1}{p} - 0{,}05\right) \frac{p}{h}\right].$$

Cette formule ne doit être appliquée qu'entre cert
limites de h_1. Si l'on augmente, en effet, la chute q
lieu entre les deux niveaux d'amont et d'aval, il vi
un moment où le ressaut est repoussé au-delà du pied
la nappe, qu'il cesse de recouvrir, et l'on rentre
dans le cas précédent. Ce départ du ressaut a lieu q
la chute $h + h_1$ est égale à environ $\frac{3}{4}p$, c'est-à-dire
pour une charge donnée h, la plus grande valeur ad
sible de h_1 est $\frac{3}{4}p - h$. D'un autre côté, lorsque la char
est insuffisante pour repousser le ressaut, il faut ce
dant que le niveau d'aval soit assez élevé pour sout
le pied de la nappe et s'opposer à l'introduction de
qui la ramènerait à la forme déprimée.

La formule précédente peut, le plus souvent, se sim
fier, en supprimant le petit terme 0,05 dans la parenth
et diminuant un peu, par compensation, les deux au

(*) Voir *Ann. des P. et Ch.*, 1894, 1er semestre, séries nos 64 à 69, p
à 283.

(**) Voir *Ann. des P. et Ch.*, 1894, 1er semestre, p. 284, cette for
dans laquelle, pour plus de généralité, les retenues h_1 en contre-b
la crête sont affectées du signe —, les retenues supérieures au nive
la crête étant seules comptées positivement.

coefficients, ce qui la réduit à :

$$(9) \qquad m = m'\left(1{,}05 + 0{,}15\,\frac{h_1}{h}\right).$$

Déversoirs en mince paroi. — *Nappes adhérentes.* — Les nappes peuvent aussi prendre, mais plus rarement, une forme particulière dont la production dépend de l'épaisseur du barrage et des dispositions de sa partie supérieure supportant la crête en mince paroi. La nappe s'attache alors complètement, sans interposition d'air, au parement aval du barrage ; le coefficient de débit devient très élevé et peut atteindre $1{,}30m'$, ce qui correspond en valeur absolue à $m = 0{,}55$ ou $0{,}56$ (*).

Ces nappes adhérentes présentent des particularités curieuses ; mais, comme elles ne se rencontrent qu'exceptionnellement dans les applications, nous renverrons simplement, pour ce qui les concerne, à l'étude spéciale insérée aux *Annales* en novembre 1891.

Déversoirs à poutrelles. — *Nappes libres.* — Les déversoirs à poutrelles sont constitués par des pièces de bois de même équarrissage que l'on superpose à la hauteur voulue. Le déversoir a ses deux parements d'amont et d'aval plans et verticaux ; mais sa crête, au lieu de se réduire à une simple arête, présente une surface horizontale, dont la largeur est égale à l'équarrissage des poutrelles. Cette circonstance modifie complètement les conditions de l'écoulement, et, si ce genre de déversoir est facile à installer, il peut malheureusement donner lieu à des erreurs de jaugeage considérables.

Les nappes libres (**) se présentent sous deux formes

(*) Voir *Ann. des P. et Ch.*, 1891, 2e semestre, séries nos 40 à 51, p. 456, 457, 461, 466, 468 à 470.

(**) Voir *Ann. des P. et Ch.*, 1896, 2e semestre, séries nos 86-94, p. 648, 650.

distinctes, suivant qu'elles sont appliquées sur le se horizontal du barrage, ou détachées à partir de l'ar amont, de manière à franchir le seuil sans toucher l'ar d'aval.

Dans le second cas, l'influence du seuil disparaît é demment, et l'écoulement a lieu comme sur un dév soir en mince paroi ; ce cas se réalise spontanément que la charge dépasse le double de la largeur c de la cr (mesurée dans le sens de l'écoulement) ; mais il peut produire plus tôt, dès que h surpasse $\frac{3}{2}c$. Entre ces d limites, la nappe est dans un état instable ; le détachem du seuil tend à se produire, et se détermine sous l'influe d'une perturbation extérieure quelconque, telle qu' rentrée d'air, le passage d'un corps flottant, etc.

Lorsque la nappe est adhérente au seuil, le coefficient dépend principalement du rapport $\frac{h}{c}$, et peut être rep senté par la formule (*) :

$$m = m' \left[0{,}70 + 0{,}185 \frac{h}{c}\right]. \tag{10}$$

Il varie, par suite, très rapidement ; car on a :

Pour $\frac{h}{c} = 0{,}50$,	$\frac{m}{m'} = 0{,}79$	
$1{,}00$	$0{,}88$	
$1{,}50$	$0{,}98$	ou 1,00 si la nappe
$2{,}00$	$1{,}07$	détachée.
Au-dessus de $\frac{h}{c} = 2{,}00$	$1{,}00$ uniformément.	

On voit qu'entre $h = \frac{3}{2}c$ et $h = 2c$, $\frac{m}{m'}$ peut var de 0,98 à 1,07, soit de près d'un dixième, ou bien res

(*) Voir *Ann. des P. et Ch.*, 1896, 2e semestre, p. 653.

ıstant et égal à l'unité, suivant que la nappe est atta-
ʲe ou non au seuil.

Seuils très larges. — Lorsque la largeur du seuil rient considérable, 1 ou 2 mètres par exemple (*), la mule linéaire (10) reste encore applicable à quelques cennes près ; la valeur de $\frac{h}{c}$ se réduisant alors à quelques ièmes, ou même quelques centièmes, celle du coeffint m diminue beaucoup et peut s'abaisser au-dessous 0,35. Nous avons obtenu pour la charge $0^m,45$, sur un ʳersoir de 2 mètres de largeur (dans le sens de l'écouıent), $\frac{m}{m'} = 0,755$, ce qui correspond en valeur absolue n $= 0,337$; la formule donnerait $\frac{m}{m'} = 0,732$ et, par te, $m = 0,326$.

Influence d'un arrondissement de l'arête d'amont. — arrondissement, même peu important, de l'arête mont du seuil, modifie sensiblement le débit. MM. Fte- ʳ et Stearns (**) avaient déjà reconnu qu'un petit arronsement de rayon R équivaut, au point de vue du débit, ıne augmentation de charge égale à 0,7R, ce qui revient augmenter le coefficient m dans le rapport de $h^{\frac{3}{2}}$ à $+ 0,7R)^{\frac{3}{2}}$, soit à fort peu près de 1 à $1 + \frac{R}{h}$. Le yon R n'avait pas dépassé, dans leurs expériences, 2 pouce, soit $0^m,012$, et il est clair que ce mode de rrection approximative ne s'appliquerait pas à des yons notablement plus grands. Nous avons opéré sur ux déversoirs de $0^m,80$ et 2 mètres de largeur (***) en

(*) Voir *Ann. des P. et Ch.*, 1896, 2ᵉ semestre, séries nᵒˢ 113 à 115, 678.

(**) Voir *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 1883.

(***) Voir *Ann. des P. et Ch.*, 1896, 2ᵉ semestre, séries nᵒˢ 116 et 117, 679.

arrondissant l'arête d'amont suivant un rayon de 0m,10, cette modification a eu pour effet d'accroître le débit 14 0/0 sur le premier de ces déversoirs, et de 12 0/0 le second. Un simple arrondissement de 1 ou 2 centimètres, amené par l'usage sur des poutrelles de dimension courante, peut donc n'être pas négligeable au point de vue de la mesure du débit.

Le déversoir de 2 mètres de largeur avec arête d'amont arrondie a donné, pour la plus grande charge expérimentée, $m = 0{,}373$, valeur peu différente de celle que la théorie indiquerait pour le cas d'une nappe coulant en filets parallèles à la surface horizontale du seuil. Cette hypothèse ne peut, du reste, être réalisée expérimentalement que d'une manière fort imparfaite, la surface de la nappe étant toujours ondulée.

Déversoirs à poutrelles. — *Nappes déprimées et noyées en dessous.* — Les nappes déprimées ne diffèrent pas beaucoup des nappes libres. Le coefficient qui leur est propre est d'abord inférieur à celui de la nappe libre, puis s'en rapproche progressivement et finit par le dépasser un peu (*). Il en était autrement sur les minces parois, où le coefficient de la nappe déprimée est toujours supérieur à celui de la nappe libre. Ce qui précède ne concerne évidemment que la nappe attachée au seuil; dès qu'elle est détachée, elle ne diffère plus de celle des déversoirs en mince paroi.

L'influence de l'adhérence au seuil se retrouve pour les nappes noyées en dessous, avec cette difficulté de plus, que le détachement, se produisant sous l'eau, n'est pas apparent et ne correspond plus à une valeur cons-

(*) Voir *Ann. des P. et Ch.*, 1896, 2e semestre, séries nos 95 à 10[illegible], p. 658 à 660.

tante de $\frac{h}{c}$ (*). En outre, il peut avoir lieu, soit avant, soit après l'apparition de la forme noyée. Il faut, à cet égard, distinguer deux cas, suivant que la hauteur p du barrage est supérieure ou inférieure à environ cinq fois la largeur c de la crête. Quand p est plus grand que $5c$, la nappe se détache avant de prendre la forme noyée en dessous, et, dans cet état intermédiaire, ne diffère pas de celle des déversoirs en mince paroi ; quand, au contraire, p est plus petit que $5c$, la nappe ne se détache pas avant de prendre la forme noyée et, au moment de cette transformation, elle est très instable (**).

Tant que subsiste l'adhérence au seuil, son influence reste prédominante, et la formule (10) est encore à peu près applicable à la nappe noyée ; d'autre part, lorsque la nappe a quitté le seuil, il est clair qu'elle doit se rapprocher peu à peu des conditions de l'écoulement en mince paroi, auxquelles s'appliquait la formule (6). Les deux formules donnent la même valeur, lorsque la charge atteint une certaine limite

$$l = \frac{c}{2}\left[1 + \sqrt{\frac{3p}{c}}\right].$$

Pour les charges inférieures à l, la formule (10) donne des valeurs de m un peu trop faibles, sans que toutefois l'écart dépasse 3 ou 4 0/0. Lorsque la charge est plus grande que l, c'est à l'autre formule qu'il convient d'avoir recours ; elle fournit également des valeurs trop faibles ; l'écart, un peu plus important cette fois, va d'abord en croissant jusqu'à un maximum d'environ 8 0/0, à partir

(*) Voir *Ann. des P. et Ch.*, 1896, 2e semestre, séries nos 104 à 112, p. 664 à 667.

(**) Voir *Ann. des P. et Ch.*, 1896, 2e semestre, pl. 41, une représentation graphique de la succession de ces phénomènes assez compliqués.

duquel il diminue rapidement, si l'on augmente la char
Ce maximum correspond au moment où la nappe est
le point de se détacher du seuil; une fois ce détachem
opéré, l'influence du seuil s'atténuant, la formule (6) s'
plique avec une approximation de plus en plus grande
On voit que la présence du seuil a pour effet, en quel
sorte, de dédoubler chaque espèce de nappe en exig
l'emploi de deux formules différentes, suivant que la n
est appliquée sur la crête ou en est détachée.

Déversoirs à seuil épais et à talus. — Les phénom
de l'écoulement deviennent encore plus compliqués
les déversoirs dont les deux parements sont, comme
arrive souvent dans la pratique, constitués suivant
talus plus ou moins inclinés. A l'influence du seuil, qui
de même que sur les barrages à poutrelles, vient s'ajou
celle de la pente des deux talus. L'inclinaison de c
d'amont, en réduisant la contraction, a pour effet d
croître le débit; quant à celle du talus d'aval, elle
ordinairement dans le même sens qu'un élargissement
la crête, c'est-à-dire qu'elle tend, au contraire, à réduir
débit. Le coefficient *m*, dans chaque cas particulier, dép
ainsi, non seulement de la charge, mais encore de la
geur de la crête, et de la pente des deux talus; il
donc extrêmement variable, et chaque type exigerait
besoin une étude spéciale (**).

Un arrondissement de l'arête amont du seuil, en ré
sant considérablement la contraction, peut augmenter
10 à 15 0/0 la valeur de *m*. Si l'on considère enfin
déversoirs à profil complètement curviligne, comme il s'
rencontre parfois dans les usines hydrauliques, ce
valeur est susceptible d'atteindre des chiffres très élev

(*) Voir le tableau, p. 671, *Ann. des P. et Ch.*, 1896, 2e semestre.

(**) Voir ci-dessus les séries nos 125 à 194, dont les résultats sont r
més par groupes dans les tableaux des pages 154 à 194.

Nous ne pouvons que renvoyer aux tableaux de coefficients qui précèdent; ils comprennent un assez grand nombre de cas particuliers susceptibles de servir de guide dans la pratique. Il est clair que l'on ne saurait établir une formule générale tenant compte de tous ces éléments.

Déversoirs noyés. — Nous avons donné, en discutant les expériences sur des déversoirs en mince paroi noyés par une retenue d'aval (*), deux formules, dont l'une, assez compliquée, s'applique plus particulièrement au cas où la retenue n'est pas très élevée au-dessus du seuil; l'autre, qui paraît correspondre à la majorité des cas, est (**):

$$(11) \qquad m = m'\left[1{,}08 + 0{,}18\,\frac{h_1}{p}\right]\sqrt[3]{\frac{z}{h}}.$$

Ces deux formules ont été établies de manière à représenter le mieux possible les expériences particulières dont elles sont déduites (***). Mais, si l'on se contente d'une approximation un peu moindre, on peut rendre la dernière applicable à tous les cas, en altérant légèrement ses coefficients et posant :

$$(12) \qquad m = 1{,}05m'\left[1 + \frac{1}{5}\,\frac{h_1}{p}\right]\sqrt[3]{\frac{z}{h}}.$$

Cette nouvelle expression est pratiquement équivalente aux deux autres et donne, à 1 ou 2 0/0 près, les mêmes valeurs, sauf lorsque les rapports $\frac{h}{p}$ et $\frac{h_1}{p}$ sont très petits; la différence peut alors atteindre 4 ou 5 0/0; mais, dans

(*) Voir *Ann. des P. et Ch.*, 1894, 1er semestre, séries nos 70 à 85, p. 289 à 297.

(**) Voir *Ann. des P. et Ch.*, 1894, 1er semestre, p. 305.

(***) Voir *Ann. des P. et Ch.*, 1894, 1er semestre, p. 310 *bis*, la réduction en table à double entrée de ces deux formules en prenant pour arguments $\frac{h}{p}$ et $\frac{h_1}{p}$.

ce cas, la détermination du coefficient m est toujo
assez incertaine.

L'effet d'une retenue n'est plus complètement le mê
sur les déversoirs à seuil épais (*), et l'exhaussement
plan d'eau d'aval qui, dans le cas de la mince pa
influait sur l'amont avant d'atteindre la crête, ne co
mence, sur un seuil large, à se transmettre à l'amo
qu'après avoir notablement dépassé la crête ; plus elle
large, et moins le relèvement de l'aval peut se faire se
au-dessus du déversoir. En opérant sur un seuil
2 mètres de largeur, nous avons constaté que la haut
de la retenue au-dessus du niveau du seuil pouvait s'éle
aux 5/6 de la charge h avant d'agir sur le niveau d'amo
Lorsque la surface plane qui constitue la crête d'un déve
soir devient aussi large, elle constitue en quelque sor
un canal, et à mesure que l'on augmente sa longueur, l
conditions de l'écoulement doivent s'éloigner peu à p
de celles qui conviennent au déversoir proprement di
pour se rapprocher de celles d'un canal à fond horizont

Épaisseur de la nappe sur la crête des déversoirs. —
mesure de l'épaisseur e de la nappe, sur l'arête amont
seuil, peut quelquefois suppléer à la mesure directe
cette charge. Sur les nappes libres en mince paroi,
rapport $\frac{e}{h}$ est remarquablement constant et reste co
pris entre 0,85 et 0,86 (**). Mais, avec toutes les autr
formes de nappes, il varie dans des limites assez éte
dues.

Nappes noyées en dessous des minces parois (***). — L

(*) Voir *Ann. des P. et Ch.*, 1896, 2e semestre. Expériences s
retenue sur les barrages à poutrelles, séries nos 120 à 123, p. 691 à
et sur un seuil de 2 mètres de largeur, série no 124, p. 703.

Voir également ci-dessus les séries nos 195 à 205, p. 200 à 211.

(**) Voir *Ann. des P. et Ch.*, 1890, 1er semestre, p. 31. 35, 42, 43.

(***) Voir *Ann. des P. et Ch.*, 1894, 2e semestre, p. 312 à 315.

rapport $\frac{e}{h}$ dépend essentiellement de la valeur de $\frac{h}{p}$. Égal à 0,80 pour la valeur minimum 0,4 de $\frac{h}{p}$, il croît ensuite en même temps que $\frac{h}{p}$, devient égal à celui des nappes libres, 0,855 environ, quand $\frac{h}{p} = 1$, et s'élève ensuite jusqu'à 0,87, pour des valeurs de $\frac{h}{p}$ supérieures à l'unité. Lorsque la nappe est soumise à une retenue d'aval, $\frac{e}{h}$ augmente encore et dépasse 0,90 pour la forme ondulée ; on comprend, du reste, que, dans le cas d'une retenue très élevée, réduisant considérablement la chute entre l'amont et l'aval, ce rapport doive tendre vers l'unité.

Nappes libres des déversoirs à poutrelles (*). — Supérieur à 0m,90 pour les petites valeurs de $\frac{h}{c}$, $\frac{e}{h}$ décroît, à mesure que l'on augmente la charge, pour devenir égal à 0m,855 comme sur les nappes libres en mince paroi, lorsque la nappe est sur le point de se détacher du seuil.

Nappes noyées en dessous des déversoirs à poutrelles (**). — La marche du rapport $\frac{e}{h}$ est assez compliquée, car il commence par décroître comme sur les nappes libres qui précèdent, passe par un minimum et croît ensuite en se rapprochant des valeurs qui conviennent aux nappes de mince paroi.

Nappes diverses sur les déversoirs à crête large et à

(*) Voir *Ann. des P. et Ch.*, 1896, 2e semestre, p. 686.

(**) Voir *Ann. des P. et Ch.*, 1896, 2e semestre, p. 688-689.

Voir également à l'Appendice de chacun des articles les éléments détaillés de très nombreux profils.

talus(*). — La valeur de $\frac{e}{h}$ est très variable ; en géné
elle augmente quand on réduit la pente du talus d'a
et diminue quand on réduit celle du talus d'amont;
tableaux donnés ci-dessus montrent combien ce rapp
peut se modifier suivant le profil. Sur les déversoirs
crête est raccordée vers l'amont par une surface co
$\frac{e}{h}$ peut s'abaisser au-dessous de 0,80 ; mais il faut re
quer que la crête n'est plus alors nettement définie
une arête vive, ce qui rend beaucoup moins préci
mesure de l'épaisseur de la nappe.

Pression sous les nappes et répartition des vitesses à l'in-térieur. — La pression sous les nappes a été mes
dans presque toutes les expériences(**) ; pour un cert
nombre d'entre elles on a déterminé également la rép
tition intérieure des pressions et des vitesses (***). Ce
répartition présente surtout un intérêt théorique ; m
il n'en est pas de même des pressions sous les napp
dont la mesure peut, dans certains cas, recevoir d'u
applications. Sur un déversoir de type donné, le coe
cient m dépend principalement de deux éléments, sav
la contraction sur le seuil, et la pression sous la napp
cette pression est si étroitement liée au débit que l'
peut, en l'observant d'une manière suivie, en dédui
les variations de ce débit avec une précision qui ne sa

(*) Voir ci-dessus, p. 195, et à l'Appendice, p. 242, les éléments dét
lés de très nombreux profils.

(**) Voir *Ann. des P. et Ch.*, 1891, 2e semestre, p. 464 et suiv. ; 18
1er semestre, p. 256 et suiv., 274 et suiv., 298 et suiv. ; 1896. 2e seme
p. 673 et suiv., 696 et suiv. ; 1898, p. 217 et, à l'Appendice de chaq
article, les éléments détaillés des pressions.

(***) Voir *Ann. des P. et Ch.*, 1890, 1er semestre, p. 51 et suiv. ; 18
2e semestre, p. 493 et suiv. ; 1894, 1er semestre, p. 316 et suiv. et, à
l'Appendice de chaque article, les éléments détaillés des vitesses e
pressions.

rait être obtenue par la mesure directe des charges. C'est surtout aux environs des changements de forme, que cette étude met en évidence les modifications très rapides qui surviennent alors dans les conditions de l'écoulement; les courbes qui représentent la loi suivant laquelle les pressions varient avec la charge offrent alors des discontinuités caractéristiques.

Nous avons vu (*) qu'en reportant, comme ordonnées, sur une même figure, les valeurs de $\frac{m}{m'}$, pour toutes les nappes noyées en dessous des déversoirs en mince paroi, $\frac{P_0}{h}$ étant pris pour abscisse, l'ensemble de ces valeurs, malgré les différences de hauteur des déversoirs, des charges et des retenues d'aval, déterminait une courbe unique, représentant la relation qui lie les deux rapports $\frac{m}{m'}$ et $\frac{P_0}{h}$ dans le cas de la mince paroi. Les paramètres qui définissent cette courbe tiennent implicitement compte de la contraction, qui se modifie, dans des limites toutefois assez restreintes, avec la forme de la nappe. Si l'on substituait à la mince paroi un seuil d'une disposition différente, on obtiendrait une courbe analogue, plus ou moins modifiée en raison des changements apportés à la direction des filets inférieurs par la nouvelle configuration du seuil. La relation qui existe entre $\frac{m}{m'}$ et $\frac{P_0}{h}$ conserve ainsi sa forme générale, lorsque l'on passe d'un type du déversoir à un autre; tandis que les relations entre ces deux quantités et les données géométriques de l'écoulement (charge, hauteur du barrage, largeur du seuil, etc.) se modifient complètement en changeant de type.

La mesure des pressions peut donc être utilisée pour

(*) Voir *Ann. des P. et Ch.*, 1894, 1er semestre, p. 277.

l'enregistrement de débits variables. Un instrument fon sur une application de ce genre fonctionne dep quelques années en Amérique pour la mesure du dé des grands tuyaux de conduite. On sait, d'après une ex rience bien connue de Venturi, que, si l'on rétrécit une petite longueur le diamètre d'une conduite, il produit dans la partie rétrécie une diminution de pres correspondant à l'accroissement de vitesse du fluide; déterminant, par des expériences de tarage spéciales relation qui existe entre ces deux éléments, on con que la mesure des pressions conduise à celle des dé et qu'au moyen d'un enregistrement automatique, obtienne le volume d'eau fourni par une conduite pend un temps donné, malgré les variations accidentelles son débit. C'est sur ce principe qu'est fondé l'apparei M. Clemens Herschel (*). Le même principe est évid ment applicable aux déversoirs, et l'on pourrait même ré ser directement l'enregistrement du débit, en employan procédé imaginé par M. l'Ingénieur Hégly pour transfor l'indicateur de charge d'un déversoir en indicateur débit (**). La mesure des pressions sous les nappes, ac sant, d'une manière plus sensible que celle des charg toutes les variations de régime de la nappe déversan peut ainsi rendre d'utiles services, dans certains cas p ticuliers où une grande précision serait nécessaire.

(*) *Transactions of the American Society of civil Engineers*, 1888.
(**) Voir *Ann. des P. et Ch.*, 1898, 1er trimestre, p. 286.

APPENDICE.

PROFILS DES NAPPES. — MESURE DES PRESSIONS.

PROFILS DES NAPPES.

(Le millimètre est pris pour unité.)

I. — Déversoirs a talus. — Largeurs de crête et pentes diverses.

(Séries n[os] 125 à 160.)

Numéros des séries	Charges h	Nature des nappes	Ordonnées de la surface supérieure de la nappe au-dessus de l'horizontale passant par l'arête amont du seuil — En amont de l'arête à 1m,00	à 0m,30	à 0m,10	Sur l'arête amont du seuil	En aval de l'arête à 0m,05	à 0m,10	à 0m,15	à 0m,20	à 0m,30	à 0m,40	à 0m,60
125	267 364	Noyée en dessous. id.	265 361	258 344	242 326	216 307	200 291	170 272	150 253	114 224	— 7 161	— 167 61	— 382 — 161
126	90 174 260 355	Déprimée. Noyée en dessous. id. id.	90 174 255 340	89 161 237 318	81 141 210 293	64 117 186 264	44 95 166 249	— 9 56 144 228	— 73 — 12 110 205	— 430 — 147 68 176	— 470 — 396 — 63 101	— 458 — 419 — 229 1	» » — 397 — 204
127	272	Noyée en dessous.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

131	104	Adhérente.	104	103	99	87	71	51	10	— 204	— 472	»	»
	107	Déprimée.	106	104	102	91	75	56	29	— 14	— 184	— 465	»
	186	Adhérente.	186	179	166	148	135	109	76	20	— 384	— 450	— 443
	269	Noyée en dessous.	269	265	243	213	197	176	147	112	9	— 142	— 382
	354	id.	350	325	308	279	263	249	222	197	119	28	— 210
132	107	Adhérente.	106	105	101	88	75	54	18	— 78	— 264	— 425	»
	187	id.	187	183	169	150	134	113	80	29	— 176	— 356	— 448
	266	id.	265	253	232	211	192	170	141	103	— 32	— 255	— 405
	355	Noyée en dessous.	354	332	306	283	267	253	226	199	128	36	— 172
133	106	Déprimée.	106	105	102	91	77	52	22	— 29	— 234	— 468	»
	187	Adhérente.	186	183	172	152	135	110	72	3	— 390	— 448	»
	264	id.	264	253	235	215	195	175	140	100	— 21	— 217	— 383
	363	Noyée en dessous.	358	345	320	303	286	270	245	215	139	36	— 186
134	108	Adhérente.	106	106	103	89	76	50	9	— 89	— 261	— 426	»
	189	id.	186	183	172	154	137	113	74	17	— 187	— 359	— 455
	263	id.	259	253	235	216	196	171	138	96	— 62	— 262	— 400
	342	Noyée en dessous.	340	318	297	273	256	239	207	174	71	— 81	— 319
	451	id.	449	431	408	387	369	356	344	316	268	183	18
135	108	Déprimée.	107	105	100	91	81	72	63	50	— 20	— 217	— 471
	200	Noyée en dessous.	200	188	175	162	152	134	119	98	24	— 205	— 444
	288	id.	284	260	246	230	216	204	181	163	104	15	— 291
	375	id.	369	343	317	298	283	269	251	228	183	116	— 79
136	93	Noyée en dessous.	90	90	87	74	50	— 8	— 98	— 156	— 259	— 361	— 566
	182	id.	182	176	165	147	128	99	52	— 26	— 206	— 311	— 527
	269	id.	268	257	237	215	199	178	144	105	— 50	— 240	— 472
	360	id.	358	341	321	297	278	262	234	203	113	— 46	— 385

DÉVERSOIRS A TALUS. — LARGEURS DE CRÊTE ET PENTES DIVERSES (*suite*).

NUMÉROS des séries	CHARGES h	NATURE des nappes	ORDONNÉES DE LA SURFACE SUPÉRIEURE DE LA NAPPE AU-DESSUS DE L'HORIZONTALE PASSANT PAR L'ARÊTE AMONT DU SEUIL.										
			EN AMONT DE L'ARÊTE			sur l'arête amont du seuil	EN AVAL DE L'ARÊTE						
			à 1m,00	à 0m,30	à 0m,10		à 0m,05	à 0m,10	à 0m,15	à 0m,20	à 0m,30	à 0m,40	à 0m,60
137	102	Noyée en dessous.	100	99	97	84	64	26	— 25	— 59	— 114	— 166	— 272
	196	id.	194	190	179	162	147	122	90	43	— 53	— 118	— 232
	290	id.	285	279	262	243	228	209	185	152	62	— 37	— 183
	384	id.	377	362	345	323	308	288	269	241	176	87	— 106
138	100	Noyée en dessous.	100	96	94	83	62	26	— 24	— 66	— 115	— 169	— 273
	192	id.	190	185	174	160	143	118	88	42	— 55	— 120	— 232
	284	id.	283	275	258	236	221	200	178	140	61	— 40	— 178
	376	id.	373	358	334	318	302	282	260	237	173	79	— 84
139	97	Noyée en dessous.	96	95	92	79	63	22	— 23	— 56	— 112	— 169	— 274
	187	id.	184	181	169	151	135	112	77	33	— 59	— 124	— 235
	280	id.	276	268	253	230	217	196	171	139	51	— 43	— 179
	369	id.	364	353	322	307	296	279	251	231	159	70	— 107
140	97	Noyée en dessous.	96	95	91	77	58	21	24	56	- 115	— 170	— 273
	185	id.	183	179	168	150	133	100	77	82	61	— 124	233

144	109	Noyée en dessous.	109	109	107	98	80	58	30	— 4	— 64	— 119	— 225
	197	id.	197	195	183	168	154	132	103	69	— 1	— 65	— 178
	280	id.	280	271	252	235	221	198	176	145	76	3	— 126
	375	id.	368	358	336	317	297	284	263	237	170	96	— 52
145	112	Noyée en dessous.	111	110	108	98	82	63	37	14	— 29	— 68	— 144
	203	id.	201	198	190	174	158	139	114	85	32	— 17	— 98
	294	id.	291	283	269	251	238	218	198	161	112	55	— 45
	389	id.	385	369	355	333	319	305	288	262	210	140	29
146	111	Noyée en dessous.	114	112	109	100	86	66	46	29	1	— 24	— 65
	211	id.	211	206	199	183	168	153	133	111	63	33	— 18
	308	id.	308	301	287	269	258	345	227	201	155	109	43
	409	id.	404	394	375	355	347	326	317	302	251	203	118
147	99	Noyée en dessous.	99	99	96	86	77	61	50	38	— 52	— 162	— 370
	201	id.	201	196	187	173	158	144	122	97	21	— 98	— 315
	303	id.	302	288	270	252	238	221	200	172	101	— 5	— 239
	398	id.	395	373	347	324	311	294	272	244	177	90	— 152
148	164	Noyée en dessous.	162	160	154	141	130	114	93	72	— 13	— 136	— 310
	247	id.	246	240	227	210	198	182	160	134	62	— 61	— 253
	324	id.	324	312	294	275	260	244	222	198	131	— 33	— 170
	408	id.	407	392	368	349	339	323	304	283	231	161	— 16
149	109	Noyée en dessous.	108	107	104	97	84	68	53	42	— 15	— 79	— 184
	207	id.	206	204	195	181	169	151	130	104	47	— 23	— 141
	312	id.	310	301	284	266	254	238	217	191	129	59	— 77
	426	id.	419	401	377	357	345	331	311	284	232	164	14

DÉVERSOIRS A TALUS. — LARGEURS DE CRÊTE ET PENTES DIVERSES (*suite*).

NUMÉROS des séries	CHARGES *h*	NATURE des nappes	ORDONNÉES DE LA SURFACE SUPÉRIEURE DE LA NAPPE AU-DESSUS DE L'HORIZONTALE PASSANT PAR L'ARÊTE AMONT DU SEUIL										
			EN AMONT DE L'ARÊTE			sur l'arête amont du seuil	EN AVAL DE L'ARÊTE						
			à 1m,00	à 0m,30	à 0m,10		à 0m,05	à 0m,10	à 0m,15	à 0m,20	à 0m,30	à 0m,40	à 0m,60
150	116	Noyée en dessous.	115	113	110	100	89	74	59	45	— 10	— 76	— 183
	215	id.	213	209	197	184	173	155	136	112	54	— 15	— 138
	300	id.	296	286	270	251	240	224	204	178	123	53	— 86
	388	id.	382	366	344	326	308	290	272	250	197	125	— 13
151	99	Noyée en dessous.	99	99	94	88	78	63	49	41	— 15	— 79	— 187
	196	id.	196	192	183	170	157	142	121	99	42	— 26	— 147
	300	id.	300	292	276	253	245	228	210	185	126	57	— 77
	401	id.	397	377	357	335	322	308	288	267	210	144	0
152	65	Noyée en dessous.	64	64	63	56	44	34	28	24	— 31	— 94	— 194
	163	id.	163	161	155	142	131	117	97	77	22	— 44	— 156
	248	id.	247	243	230	216	201	186	170	145	89	21	— 106
	329	id.	327	317	301	281	265	254	235	214	158	88	— 45
	406	id.	405	391	367	348	335	318	302	277	229	168	33
153	113	Noyée en dessous.	113	100	107	98	88	72	60	47	8	— 32	111
	212	id.	211	208	196	182	170	163	136	115	72	25	— 65
	305	id.	302	291	276	259	246	233	219	192	143	91	— 0
	391	id.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	317	301	[illegible]	[illegible]	214	163	61

	[illegible] 409	id.	406	387	367	350	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	131
157	234 333 425	Noyée en dessous. id. id.	234 332 423	229 323 405	220 308 386	208 294 368	199 282 363	185 271 349	169 254 336	151 237 314	119 196 274	89 151 222	— 16 42 104
158	223 320 415	Noyée en dessous. id. id.	222 316 412	217 306 396	208 290 374	196 279 357	186 266 345	173 255 334	160 239 318	145 224 306	118 189 266	89 152 223	— 17 43 110
159	118 225 325 423	Noyée en dessous. id. id. id.	115 224 319 415	115 219 311 399	110 209 297 382	102 197 282 369	93 188 273 358	82 176 261 345	69 161 250 333	66 148 234 316	60 125 202 285	51 104 168 249	— 11 41 99 170
160	227 327 424	Noyée en dessous. id. id.	225 325 419	221 316 402	212 299 385	200 287 371	189 276 361	178 266 349	163 247 336	148 237 321	125 208 290	95 175 256	54 113 186

II. — Déversoirs a talus. — Crêtes a vive arête et crêtes de $0^m,10$ et $0^m,20$ de largeur.

Talus inclinés a $\frac{1}{1}$, $\frac{1}{2}$ et $\frac{1}{5}$.

(Séries n[os] 163, 164, 167, 168, 169, 171, 172, 173, 176, 178 et 181.)

(Le millimètre est pris pour unité.)

Numéros des séries	Charges h	Nature des nappes	Ordonnées de la surface supérieure de la nappe au-dessus de l'horizontale passant par l'arête amont du seuil — En amont de la crête — à $1^m,00$	à $0^m,30$	à $0^m,10$	sur l'arête amont du seuil	En aval de la crête — à $0^m,05$	à $0^m,10$	à $0^m,15$	à $0^m,20$	à $0^m,30$	à $0^m,40$	à $0^m,60$
163	92	Noyée en dessous.	90	89	85	69	49	12	— 27	— 60	— 118	— 171	— 276
	181	id.	179	173	160	140	121	97	62	17	— 61	— 123	— 236
	268	id.	266	253	233	210	194	174	149	112	27	— 58	— 182
	357	id.	351	329	304	285	273	253	227	201	132	45	— 113
164	94	Noyée en dessous.	92	89	80	65	43	8	— 28	— 60	— 118	— 172	— 277
	181	id.	180	167	153	128	113	87	53	11	— 63	— 127	— 235
	267	id.	263	242	218	195	173	154	126	93	12	— 6	— 183
	358	id.	345	312	289	262	241	226	200	167	104	18	— 117
167	107	Noyée en dessous.	106	106	100	90	76	53	15	— 41	— 155	— 266	— 456
	188	id.	186	185	171	152	133	113	84	35	— 86	— 202	— 410
	270	id.	270	256	240	216	100	170	140	116	9	— 123	— 341
	358	id.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	182	100	— 19	— 266

	388	id.	381	340	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
172	112 202 293 386	Noyée en dessous. id. id. id.	111 202 291 384	110 200 280 366	107 185 265 342	97 170 247 327	84 159 240 316	68 142 223 301	51 124 205 291	34 105 186 270	4 60 146 232	— 20 37 109 187	— 64 — 14 41 121
173	110 201 292 384	Noyée en dessous. id. id. id.	110 201 289 381	106 191 269 348	97 187 251 329	89 163 232 308	79 150 222 299	65 136 208 290	49 121 195 272	33 102 176 252	3 68 130 214	— 22 35 105 182	- 67 — 18 42 116
176	112 207 296 381	Noyée en dessous. id. id. id.	109 206 293 377	107 200 279 350	104 188 261 328	94 173 242 309	84 161 231 295	70 146 214 281	58 126 196 261	46 107 174 242	— 11 53 120 189	— 76 — 17 53 124	— 183 — 138 — 83 — 16
178	108 208 296 385	Noyée en dessous. id. id. id.	107 204 290 375	104 193 270 344	90 180 249 317	90 165 232 298	81 156 218 284	70 142 206 271	61 126 190 254	48 108 169 231	— 8 56 119 185	— 74 — 14 53 126	— 183 — 135 — 81 — 14
181	109 207 300 388	Noyée en dessous. id. id. id.	109 206 296 384	108 196 281 363	100 182 264 343	91 170 246 320	82 161 236 306	73 149 224 294	65 136 208 285	55 124 197 268	29 91 164 234	1 60 128 199	— 48 2 64 127

III. — DÉVERSOIRS A TALUS RACCORDÉS PAR DES SURFACES COURBES (Séries n°s 182 à 188) ET DÉVERSOIRS A PROFIL COMPLÈTEMENT COURBE (Séries n°s 189 à 194).

(Le millimètre est pris pour unité.)

NUMÉROS des séries	CHARGES h	NATURE des nappes	ORDONNÉES DE LA SURFACE SUPÉRIEURE DE LA NAPPE AU-DESSUS DE L'HORIZONTALE PASSANT PAR L'ARÊTE AMONT DU SEUIL — EN AMONT DE L'ARÊTE				EN AVAL DE L'ARÊTE						
			à 1m,00	à 0m,30	à 0m,10	sur l'arête amont du seuil	à 0m,05	à 0m,10	à 0m,15	à 0m,20	à 0m,30	à 0m,40	à 0m,60
182	196 369	Noyée en dessous. id.	196 365	191 348	177 325	163 304	150 292	136 276	117 261	97 243	74 200	9 145	— 73 48
183	194 369	Noyée en dessous. id.	192 363	186 343	170 316	150 299	134 281	119 265	98 243	79 222	34 183	— 8 129	— 90 33
184	206 386	Noyée en dessous. id.	206 383	197 362	182 339	160 314	147 304	134 289	121 279	103 259	70 223	40 184	— 11 118
185	202 293	Noyée en dessous. id.	199 292	195 278	179 257	163 241	150 228	136 212	122 199	105 180	72 142	41 108	— 11 54
186	208 390	Noyée en dessous. id.	208 386	203 367	186 343	167 323	158 316	146 290	133 280	121 268	94 233	64 198	— 5 118

	333	id.	330	318	281	255	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	— [illegible]	— [illegible]
191	95 174 247 332	Noyée en dessous. id. id. id.	95 173 245 325	92 162 229 301	85 143 201 266	62 114 166 240	31 84 140 218	— 63 39 105 193	— 203 — 47 60 166	— 272 — 194 — 7 123	— 358 — 310 — 191 28	— 414 — 372 — 312 — 90	— 482 — 443 — 402 — 290
192	97 180 255 331	Noyée en dessous. id. id. id.	97 178 254 327	96 172 240 307	89 155 216 275	71 131 189 246	53 113 169 224	23 83 143 199	— 33 42 107 164	— 90 — 15 60 139	— 200 — 136 — 56 28	— 307 — 255 — 180 — 87	— 486 — 439 — 373 — 300
193	97 179 255 333	Noyée en dessous. id. id. id.	96 177 254 330	95 171 241 310	90 156 219 280	75 134 191 255	59 117 173 236	33 89 147 216	— 15 46 111 183	— 184 — 21 64 148	— 320 — 264 — 102 62	— 394 — 348 — 272 — 56	— 468 — 433 — 387 — 279
194	93 175 250 332	Noyée en dessous. id. id. id.	93 174 250 326	91 168 236 305	86 154 210 279	73 132 184 250	59 113 167 234	31 85 139 209	— 17 42 106 184	— 183 — 27 60 146	— 321 — 266 — 119 55	— 393 — 351 — 282 — 70	— 472 — 438 — 392 — 280

IV. — Nappes soumises a une retenue d'aval (Séries nos 195 à 205).

(Les nappes noyées en dessous sont désignées par la lettre N placée dans la 4e colonne et les nappes ondulées par la lettre O.)
(Le millimètre est pris pour unité.)

Numéros des séries	Charges au déversoir de comparaison H	Retenue d'aval h_1	Charges h	Ordonnées de la surface supérieure de la nappe au-dessus de l'horizontale passant par l'arête amont du seuil — En amont de l'arête — à 1m,00	à 0m,30	à 0m,10	Sur l'arête amont du seuil	En aval de l'arête — à 0m,05	à 0m,10	à 0m,15	à 0m,20	à 0m,30	à 0m,40	à 0m,60
195	0m,25	— 120	227 N.	224	218	201	184	166	141	108	48	—135	—198 (r)	—198 (r)
		0	233 N.	230	222	209	190	173	150	117	74	— 51 (r)	— 51 (r)	— 51 (r)
		+ 90	249 N.	246	240	227	210	194	169	149	122	51 (r)	51 (r)	51 (r)
		+ 180	285 O.	281	276	265	253	243	230	216	199	158	120	90
	0 ,35	— 120	317 N.	313	298	278	253	240	217	189	156	49	—144	—298 (r)
		0	324 N.	317	306	287	267	249	229	202	159	67	— 84	—116 (r)
		+ 120	354 N.	346	338	323	301	289	273	255	233	182	108	62 (r)
		+ 240	388 O.	385	372	354	341	331	317	307	288	252	217	119
196	0m,20	+ 60	203 N.	200	196	186	169	155	132	106	68	26 (r)	26 (r)	26 (r)
		+ 120	215 N.	213	210	201	185	173	156	134	106	99 (r)	99 (r)	99 (r)
		+ 180	240 O.	244	240	232	224	214	204	190	176	149	130	143
		+ 240	282 O.	279	279	271	263	254	240	238	232	216	208	220
	0 ,30	+ 90	206 N.	291	284	268	250	232	215	195	165	80	25 (r)	25 (r)
		+ 180	314 N.	309	300	288	271	258	245	227	205	152	138 (r)	138 (r)
		+ 240	350 O.	347	337	324	311	303	292	279	262	226	190	139
		+ 300	379 O.	375	367	357	344	337	328	318	309	284	260	234
197	0m,20	+ 180	220 N.	225	228	213	200	180	174	158	142	154 (r)	154 (r)	154 (r)
	[illegible]	+ 240	272 O.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	250	240	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	210

[illegible]	[illegible],15	+ 85	168 N.	167	165	159	146	135	120	104	83	61 (r)	61 (r)	61 (r)
		+ 184	202 O.	190	199	193	185	181	171	108	160	171	180	165
	0 ,25	+ 56	244 N.	241	237	225	210	190	179	160	133	61	− 54 (r)	− 54 (r)
		+ 127	252 N.	252	246	233	217	204	187	169	145	84	52 (r)	52 (r)
		+ 255	282 O.	281	278	264	252	244	235	224	211	186	182	217
	0 ,35	+ 113	326 N.	326	315	248	275	267	247	230	204	137	− 47	− 58 (r)
		+ 255	344 N.	342	335	320	298	287	274	257	242	195	175 (r)	175 (r)
		+ 372	422 O.	420	412	399	380	379	375	369	360	338	320	306
200	0m,20	+ 90	203 N.	203	197	188	176	162	148	129	97	66 (r)	66 (r)	66 (r)
		+ 211	243 O.	243	237	229	223	216	208	198	190	181	176	208
	0 ,30	+ 151	303 N.	303	289	273	257	245	229	211	187	132	98 (r)	98 (r)
		+ 302	367 O.	365	352	345	334	326	318	306	296	277	252	236
201	0m,15	+ 100	166 N.	166	164	158	145	135	120	102	83	82 (r)	82 (r)	82 (r)
		+ 186	202 O.	200	200	195	186	182	175	169	163	173	191	173
	0 ,25	0	240 N.	238	235	231	216	203	187	169	146	89	24	−105
		+ 128	250 N.	250	243	231	215	200	188	171	147	95	68 (r)	68 (r)
		+ 257	289 O.	288	286	274	264	254	247	236	222	203	196	257
	0 ,35	+ 101	330 N.	330	318	300	284	271	258	238	201	159	94	− 42
		+ 257	340 N.	339	328	310	294	284	268	252	235	200 (r)	200 (r)	200 (r)
		+ 372	417 O.	412	404	395	382	382	373	361	354	335	318	301
202	0m,15	+ 120	169 N.	168	166	157	148	136	121	104	90	102 (r)	102 (r)	102 (r)
		+ 180	195 O.	194	191	184	179	162	160	156	145	163	179	167
	0 ,25	+ 180	263 N.	261	253	240	225	214	199	184	162	153 (r)	153 (r)	153 (r)
		+ 300	331 O.	328	323	312	305	296	286	281	275	262	249	269
		+ 300	334 O.	328	325	317	308	306	295	291	284	269	257	273
	0 ,35	+ 210	348 N.	345	328	311	295	283	265	250	231	183	139	134 (r)
		+ 300	359 N.	355	341	323	306	298	285	270	256	251 (r)	251 (r)	251 (r)
		+ 390	438 O.	432	418	408	400	398	388	384	372	356	336	305
203	0m,15	+ 120	167 N.	166	164	157	145	134	120	103	86	92 (r)	92 (r)	92 (r)
		+ 180	192 O.	191	189	183	175	171	156	155	142	165	170	169
	0 ,25	+ 180	261 N.	258	253	238	226	213	200	181	164	129	128 (r)	128 (r)
		+ 240	273 N.	271	265	251	240	228	217	202	202 (r)	202 (r)	202 (r)	202 (r)
		+ 300	322 O.	320	316	302	293	288	280	266	266	247	244	287
	0 ,35	+ 210	356 N.	351	339	310	303	292	276	261	244	203	157	104 (r)
		+ 300	363 N.	362	347	326	313	303	288	274	258	231 (r)	231 (r)	231 (r)
		+ 390	426 O.	424	414	399	381	379	370	362	356	338	314	298
204	0m,15	+ 120	169 N.	168	166	159	147	137	122	107	88	85 (r)	85 (r)	85 (r)
		+ 180	190 O.	189	186	182	174	165	158	147	142	164	169	171
	0 ,25	+ 180	265 N.	262	256	236	226	216	202	187	166	129	95	111 (r)
		+ 240	272 N.	272	265	254	240	231	216	204	191	200 (r)	200 (r)	200 (r)
		+ 240	274 N.	271	265	252	240	228	216	504	187	193 (r)	193 (r)	193 (r)
		+ 300	318 O.	314	309	301	293	288	279	276	260	244	241	275
	0 ,35	+ 210	362 N.	359	344	325	312	301	285	271	250	213	171	102
		+ 300	366 N.	361	343	332	315	306	294	280	263	226	225 (r)	225 (r)
		+ 390	423 O.	418	408	394	381	381	370	364	344	328	306	289

NAPPES SOUMISES A UNE RETENUE D'AVAL (*suite*).

Numéros des séries	Charges au déversoir de comparaison H	Retenue d'aval h_1	Charges h	Ordonnées de la surface supérieure de la nappe au-dessus de l'horizontale passant par l'arête amont du seuil — En amont de l'arête: à 1m,00	à 0m,30	à 0m,10	sur l'arête amont du seuil	En aval de l'arête: à 0m,05	à 0m,10	à 0m,15	à 0m,20	à 0m,30	à 0m,40	à 0m,60
205	0m,15	+ 180	191 O.	187	184	177	169	165	155	149	136	140	160	169
		+ 210	216 O.	212	212	209	202	193	196	186	184	194	197	204
	0 ,25	+ 210	277 N.	275	267	253	240	234	220	209	194	167	165 (r)	165 (r)
		+ 270	292 N.	290	282	272	260	252	241	245 (r)	245 (r)	245 (r)	245 (r)	245 (r)
		+ 300	317 O.	317	307	301	291	285	277	271	264	255	259	290
	0 ,35	+ 270	375 N.	372	360	345	327	317	306	293	279	246	212	182 (r)
		+ 330	284 N.	380	367	350	338	330	317	302	292	270 (r)	270 (r)	270 (r)
		+ 390	414 O.	409	400	385	374	369	357	346	340	323	310	338

MESURE DES PRESSIONS.

I. — Déversoirs de profils divers.

(Séries nos 125 à 194)

ous auraient été trop volumineux, si l'on y avait reproduit, sans les condenser, tous les résultats s. Ils ne donnent donc pas les valeurs absolues des pressions P_0 observées et des charges h les rapports $\frac{P_0}{h}$ correspondant à des valeurs de la charge h en nombre rond de centimètres.

s $\frac{P_0}{h}$ obtenus pour chaque série ont été rapportés graphiquement à une assez grande échelle, sses les charges h; on a pu ainsi, à l'aide de ces points, beaucoup plus nombreux que ne ux, déterminer des courbes moyennes sur lesquelles on a relevé les ordonnées $\frac{P_0}{h}$ correspon-5, 0m,06, 0m,07, ..., etc..., 0m,44, 0m,45. Ces valeurs sont celles qui figurent dans les tableaux.

Série n° 126	Série n° 127	Série n° 128	Série n° 129	Série n° 130	Série n° 131		Série n° 132	Série n° 133	
N. déprimée	Nappe déprimée	N. adhérente	Nappe déprimée	N. déprimée	N. adhérente	Nappe déprimée	Nappe adhérente	N. adhérente	Nappe déprimée
0,02		— 0,96		0,55					
0		— 0,96		0,53					
— 0,05		— 0,96		0,51					
— 0,10		— 0,97		0,48	0,46			0,41	
— 0,18	— 0,04	— 0,97		0,46	0,42			0,36	
— 0,26	— 0,05	— 0,97	0,40	0,43	0,37	0,39	0,39	0,30	
— 0,35	— 0,06	— 0,98	0,35	0,39	0,33	0,37	0,34	0,24	0,32
— 0,43	— 0,08	— 0,98	0,31	0,35	0,28		0,29	0,17	0,26
— 0,52	— 0,10	— 0,98	0,26	0,31	0,23		0,24	0,11	0,21
— 0,61	— 0,12	— 0,98	0,21	0,27	0,17		0,19	0,03	0,19
— 0,70	— 0,16	— 0,98	0,16	0,23	0,11		0,14	— 0,05	
— 0,80	— 0,22	— 0,98	0,11	0,18	0,06		0,09	— 0,12	
— 1,06	— 0,32	— 0,97	0,05	0,14	0		0,04	— 0,20	
— 0,99	— 0,44	— 0,97	— 0,03	0,06	— 0,06		— 0,02	— 0,28	
— 0,93	— 0,59	— 0,97	— 0,07	0,03	— 0,12		— 0,07	— 0,35	
— 0,87		— 0,96	— 0,11	0,01	— 0,18		— 0,13	— 0,43	
— 0,81	— 0,74	— 0,95	— 0,15	— 0,02	— 0,24		— 0,18	— 0,51	
— 0,76	— 0,69	— 0,94	— 0,18	— 0,04	— 0,30		— 0,23	— 0,59	
— 0,70	— 0,64	— 0,93	— 0,22	— 0,06	— 0,36 / — 0,24		— 0,29	— 0,66	
— 0,65	— 0,60	— 0,90	— 0,25	— 0,08	— 0,27		— 0,34	— 0,71	
— 0,61	— 0,55	— 0,86	— 0,28	— 0,10	— 0,30		— 0,39	— 0,75	
— 0,56	— 0,51	— 0,79	— 0,31	— 0,12	— 0,33		— 0,43	— 0,70	
— 0,52	— 0,46	— 0,67 / — 0,53	— 0,34	— 0,14	— 0,35		— 0,48	— 0,75	
— 0,47	— 0,42	— 0,46	— 0,37	— 0,16	— 0,38		— 0,51	— 0,80	
— 0,43	— 0,38	— 0,40	— 0,40	— 0,17	— 0,40		— 0,54	— 0,84	
— 0,39	— 0,35	— 0,36	— 0,42	— 0,19	— 0,42		— 0,57	— 0,86	
— 0,35	— 0,31	— 0,32	— 0,45	— 0,20	— 0,44		— 0,37	— 0,87	
— 0,31	— 0,28	— 0,29	— 0,47	— 0,22	— 0,46		— 0,41	— 0,86	
— 0,27	— 0,25	— 0,26	— 0,49	— 0,23	— 0,48		— 0,44	— 0,83	
— 0,24	— 0,22	— 0,24	— 0,51	— 0,24	— 0,49		— 0,47	— 0,79	
— 0,22	— 0,19	— 0,22	— 0,52	— 0,25	— 0,50		— 0,49	— 0,75	
— 0,19	— 0,17	— 0,20	— 0,54	— 0,26	— 0,51		— 0,51	— 0,29	
— 0,17	— 0,15	— 0,18	— 0,56	— 0,26	— 0,52		— 0,52	— 0,25	
— 0,15	— 0,13	— 0,16	— 0,57	— 0,27	— 0,53		— 0,53	— 0,22	
— 0,13	— 0,10	— 0,14	— 0,58	— 0,27	— 0,54		— 0,54	— 0,18	
— 0,11	— 0,09	— 0,12	— 0,60	— 0,27	— 0,54 / — 0,55		— 0,55	— 0,16	
— 0,10	— 0,07	— 0,11	— 0,61	— 0,27	— 0,53		— 0,55	— 0,13	
— 0,10	— 0,05	— 0,09	— 0,62	— 0,27	— 0,51		— 0,55	— 0,10	
»	— 0,04	— 0,08	— 0,63	— 0,26	— 0,48		— 0,54	— 0,07	
»	— 0,02	— 0,07	»	— 0,26	— 0,46		— 0,53	— 0,05	
»	— 0,01	— 0,05	»	— 0,26	— 0,43		— 0,52	— 0,03	

DÉVERSOIRS DE PROFILS DIVERS (*suite*).

CHARGE h	SÉRIE n° 134	SÉRIE n° 135	SÉRIE n° 143	SÉRIE n° 189	SÉRIE n° 190	SÉRIE n° 191	SÉRIE n° 192
m.	Nappe adhérente	Nappe déprimée		N. adhérente	N. adhérente		
0,05			0,58	0,43	0,48	0,41	»
0,06	»	0,73	0,52	0,35	0,38	0,33	»
0,07	0,45	0,72	0,47	0,27	0,29	0,24	0,35
0,08	0,40	0,71	0,41	0,19	0,19	0,16	0,30
0,09	0,35	0,70	0,36	0,11	0,10	0,08	0,25
0,10	0,30	0,69	0,30	0,02	0	0	0,20
0,11	0,25	0,68	0,24	— 0,06	— 0,10	— 0,09	0,14
0,12	0,19	0,67	0,17	— 0,15	— 0,19	— 0,17	0,10
0,13	0,12	0,65	0,11	— 0,24	— 0,29	— 0,25	0,04
0,14	0,05	0,63	0,05	— 0,32	— 0,39	— 0,33	0
0,15	— 0,02	0,62	— 0,02	— 0,42	— 0,50	— 0,42	— 0,06
0,16	— 0,09	0,60	— 0,09	— 0,52	— 0,60	— 0,50	— 0,11
0,17	— 0,17	0,59	— 0,15	— 0,61	— 0,70	— 0,59	— 0,17
0,18	— 0,24	0,57	— 0,21	— 0,70	— 0,80	— 0,67	— 0,22
0,19	— 0,31		— 0,28	— 0,81	— 0,90	— 0,76	— 0,27
0,20	— 0,38	0,53	— 0,35	— 0,90	— 1,00	— 0,83	— 0,32
0,21	— 0,45	0,52	— 0,42	— 1,00 / — 0,89	— 1,10	— 0,90	— 0,38
0,22	— 0,52	0,50	— 0,48	— 0,94	— 1,04	— 0,97	— 0,43
0,23	— 0,59	0,48	— 0,54	— 0,98	— 1,12	— 1,01	— 0,48
0,24	— 0,67	0,46	— 0,60	— 1,02	— 1,17	— 1,04	— 0,53
0,25	— 0,73	0,44	— 0,66	— 1,04	— 1,18	— 1,07	— 0,58
0,26	— 0,80	0,43	— 0,72	— 1,06	— 1,16	— 1,08	— 0,62
0,27	— 0,88	0,41	— 0,79	— 1,05	— 1,13	— 1,09	— 0,67
0,28	— 0,95	0,39	— 0,84	— 1,03	— 1,10	— 1,09	— 0,71
0,29	— 1,02	0,38	— 0,89	— 1,00	— 1,07	— 1,09	— 0,75
0,30	— 1,07	0,36	— 0,94	— 0,97	— 1,03	— 1,08	— 0,80
0,31	— 1,11	0,35	— 1,00	— 0,95	— 0,99	— 1,06	— 0,84
0,32	— 1,14	0,34	— 1,04	— 0,91	— 0,95	— 1,04	— 0,88
0,33	— 1,17	0,32	— 1,09	— 0,88	— 0,90	— 1,00	— 0,93
0,34	— 1,18	0,31	— 1,13	— 0,85	— 0,87	— 0,97	— 0,97
0,35	— 1,19	0,30	— 1,17	— 0,82	— 0,82	— 0,92	— 1,01
0,36	— 1,19	0,28	— 1,21	— 0,79	— 0,77	— 0,87	— 1,05
0,37	— 1,18	0,27	— 1,21	— 0,76	»	— 0,83	— 1,09
0,38	— 1,17	0,26	— 1,17	— 0,73	»	— 0,78	»
0,39	— 1,15 / — 0,23	0,25	— 1,05	— 0,70	»	— 0,73	»
0,40	— 0,19	0,24	— 0,92 / — 0,68	— 0,67	»	— 0,68	»
0,41	— 0,16	0,23	— 0,61	»	»	»	»
0,42	— 0,13	0,22	— 0,54	»	»	»	»
0,43	— 0,11	0,21	»	»	»	»	»
0,44	— 0,09	0,20	»	»	»	»	»
0,45	— 0,07	»	»	»	»	»	»

DÉVERSOIRS DE PROFILS DIVERS (*suite*).

SÉRIE n° 137	SÉRIE n° 138	SÉRIE n° 139	SÉRIE n° 140	SÉRIE n° 141	SÉRIE n° 142	SÉRIE n° 146	SÉRIE n° 153	SÉRIE n° 154
— 0,03	— 0,01	— 0,05	— 0,03	0,32	0,48	0,52	0,65	»
— 0,07	— 0,06	— 0,07	— 0,06	0,31	0,46	0,45	0,60	0,62
— 0,10	— 0,12	— 0,13	— 0,12	0,29	0,45	0,37	0,53	0,55
— 0,12	— 0,15	— 0,15	— 0,15	0,28	0,45	0,31	0,45	0,49
— 0,14	— 0,15	— 0,15	— 0,16	0,28	0,44	0,30	0.37	0,42
— 0,14	— 0,15	— 0.15	— 0,16	0,28	0,43	0,30	0,29	0,36
— 0,14	— 0,14	— 0,14	— 0,16	0,28	0,43	0,29	0,23	0,31
— 0,15	— 0,13	— 0,14	— 0,15	0,28	0,43	0,29	0,16	0,26
— 0,16	— 0,13	»	»	0,29	0,44	0,29	0,13	0,21

SÉRIE n° 156	SÉRIE n° 157	SÉRIE n° 158	SÉRIE n° 159	SÉRIE n° 160	SÉRIE n° 163	SÉRIE n° 164	SÉRIE n° 165	SÉRIE n° 166
0,67	0,61	0,63	0,67	0,63	— 0,07	— 0,10	»	»
0,59	0,60	0,63	0,63	0,63	— 0,08	— 0,15	0,26	0,30
0,53	0,58	0,62	0,61	0,62	— 0,12	— 0,17	0,28	0,26
0,48	0,56	0,59	0,58	0,60	— 0,17	— 0,18	0,28	0,23
0,43	0,54	0,56	0,56	0,57	— 0,18	— 0,18	0,29	0,21
0,39	0,50	0,51	0,53	0.55	— 0,17	— 0,19	0,29	0,21
0,34	0,44	0,46	0,50	0,52	— 0,17	— 0,20	0,29	0,21
0,31	0,39	0,41	0,47	0,50	— 0,16	— 0,24	0,29	0,24
0,28	0,34	0,36	0,45	0,48	»	»	0,29	0,26

SÉRIE n° 181	SÉRIE n° 182	SÉRIE n° 183	SÉRIE n° 184	SÉRIE n° 185	SÉRIE n° 186	SÉRIE n° 187	SÉRIE n° 188
0,73	0,74	0,70	0,67	0,74	0,70	0,67	0,69
0,68	0,70	0,67	0,71	0,70	0,69	0,66	0,70
0,63	0,66	0,63	0,70	0,67	0,68	0,64	0,70
0,59	0,60	0,58	0,66	0,64	0,65	0,63	0,70
0,55	0,54	0,53	0,61	0,60	0,62	0,61	0,68
0,51	0,48	0,47	0,57	0,57	0,60	0,60	0,67
0,47	0,43	0.42	0,53	0,54	0,57	0,58	0,65
0,44	0,37	0,36	0,48	0,51	0,54	0,55	0,63
0,41	0,32	0,31	0,43	0,48	0,51	0,52	0,62

DÉVERSOIRS DE PROFILS DIVERS (*suite*).

CHARGE h	SÉRIE n° 144	SÉRIE n° 145	SÉRIE n° 147	SÉRIE n° 148	SÉRIE n° 149	SÉRIE n° 150	SÉRIE n° 151	SÉRIE n° 152	SÉRIE n° 161	SÉRIE n° 162
0m,05	0,55	»	0,60	»	0,65	0,66	0,64	0,58	»	»
0 ,07	0,48	0,51	0,58	0,63	0,63	0,64	0,62	0,58	— 0,88	»
0 ,09	0,40	0,44	0,57	0,61	0,60	0,61	0,60	0,56	— 0,80	— 0,7[illegible]
0 ,11	0,32	0,37	0,54	0,57	0,57	0,58	0,58	0,54	— 0,74	— 0,7[illegible]
0 ,13	0,24	0,31	0,51	0,54	0,53	0,54	0,54	0,52	— 0,71	— 0,7[illegible]
0 ,15	0,16	0,24	0,47	0,50	0,50	0,50	0,51	0,48	— 0,70	— 0,7[illegible]
0 ,17	0,07	0,19	0,42	0,46	0,46	0,46	0,47	0,44	— 0,70	— 0,7[illegible]
0 ,19	— 0,01	0,14	0,37	0,41	0,41	0,42	0,42	0,40	— 0,70	— 0,7[illegible]
0 ,21	— 0,08	0,10	0,32	0,35	0,37	0,38	0,38	0,36	— 0,70	— 0,7[illegible]
0 ,23	— 0,16	0,07	0,26	0,29	0,32	0,34	0,33	0,32	— 0,70	— 0,7[illegible]
0 ,25	— 0,22	0,05	0,21	0,22	0,27	0,29	0,29	0,28	— 0,69	— 0,7[illegible]
0 ,27	— 0,25	0,04	0,14	0,16	0,23	0,25	0,24	0,24	— 0,67	— 0,6[illegible]
0 ,29	— 0,27	0,03	0,08	0,09	0,18	0,21	0,20	0,20	— 0,64	— 0,6[illegible]
0 ,31	— 0,26	0,03	0,02	0,03	0,14	0,16	0,16	0,16	— 0,59	— 0,65
0 ,33	— 0,25	0,03	— 0,03	— 0,03	0,09	0,12	0,12	0,11	— 0,49	— 0,60
0 ,35	— 0,23	0,03	— 0,10	— 0,07	0,05	0,07	0,07	0,07	— 0,32	— 0,47
0 ,37	— 0,22	0,04	— 0,16	— 0,11	0,01	0,03	0,03	0,03	— 0,20	— 0,3[illegible]
0 ,39	— 0,20	0,05	— 0,22	— 0,13	— 0,04	— 0,02	— 0,01	— 0,02	— 0,14	— 0,16
0 ,41	— 0,18	0,06	— 0,28	— 0,14	— 0,08	— 0,06	— 0,06	— 0,06	— 0,10	— 0,11
0 ,43	— 0,17	0,06	— 0,34	»	— 0,12	— 0,10	— 0,10	— 0,10	»	»
0 ,45	— 0,17	0,07	— 0,40	»	— 0,16	— 0,15	— 0,14	»	»	»

CHARGE h	SÉRIE n° 169	SÉRIE n° 170	SÉRIE n° 171	SÉRIE n° 172	SÉRIE n° 173	SÉRIE n° 174	SÉRIE n° 175	SÉRIE n° 176	SÉRIE n° 177	SÉRIE n° 178
0m,05	0,61	»	»	»	0,63	»	»	»	»	»
0 ,07	0,53	»	»	0,56	0,58	»	»	0,69	»	0,73
0 ,09	0,45	»	0,51	0,51	0,54	»	0,66	0,65	»	0,70
0 ,11	0,37	0,47	0,43	0,46	0,49	0,62	0,62	0,61	0,62	0,67
0 ,13	0,29	0,42	0,36	0,41	0,45	0,57	0,58	0,57	0,58	0,63
0 ,15	0,22	0,35	0,29	0,37	0,41	0,53	0,54	0,53	0,54	0,60
0 ,17	0,14	0,29	0,23	0,33	0,39	0,47	0,51	0,49	0,50	0,57
0 ,19	0,06	0,24	0,17	0,30	0,36	0,43	0,47	0,45	0,46	0,53
0 ,21	— 0,01	0,18	0,11	0,26	0,34	0,38	0,43	0,41	0,41	0,50
0 ,23	— 0,08	0,13	0,07	0,23	0,32	0,33	0,39	0,38	0,37	0,47
0 ,25	— 0,15	0,08	0,02	0,21	0,30	0,28	0,35	0,34	0,32	0,44
0 ,27	— 0,22	0,03	— 0,02	0,18	0,28	0,23	0,31	0,30	0,28	0,41
0 ,29	— 0,29	— 0,01	— 0,06	0,16	0,26	0,19	0,27	0,27	0,25	0,38
0 ,31	— 0,35	— 0,06	— 0,10	0,14	0,24	0,14	0,23	0,23	0,21	0,35
0 ,33	— 0,42	— 0,10	— 0,13	0,13	0,23	0,09	0,19	0,20	0,18	0,32
0 ,35	— 0,47	— 0,13	— 0,16	0,11	0,21	0,05	0,17	0,16	0,15	0,29
0 ,37	— 0,52	— 0,17	— 0,19	0,10	0,20	0,02	0,13	0,12	0,12	0,27
0 ,39	— 0,55	»	— 0,22	0,09	0,18	— 0,01	0,11	0,09	0,08	0,24
0 ,41	— 0,57	»	— 0,26	0,08	0,16	— 0,04	0,09	0,05	0,05	0,22
0 ,43	»	»	»	0,07	0,14	— 0,05	0,07	0,02	0,03	0,19
0 ,45	»	»	»	0,07	»	»	»	— 0,02	»	0,17

(Séries nos 195 à 205.)

(Les charges sur le déversoir type d'amont, régulateur du débit, sont désignées par la lettre H.)

SÉRIE N° 195

H = 0m,10		H = 0m,15		H = 0m,20		H = 0m,25		H = 0m,30		H = 0m,35		H = 0m,40		H = 0m,45	
h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$
mètres		mètres		mètres		mètres		mètres		mètres		mètres		mètres	
0,09	— 0,55	0,14	— 0,54	0,19	— 0,46	0,23	— 0,55	0,27	— 0,71	0,32	— 0,59	0,36	— 0,64	0,41	— 0,49
0,10	— 0,26	0,15	0,05	0,20	— 0,12	0,24	— 0,26	0,28	— 0,37	0,33	— 0,31	0,37	— 0,43	0,42	— 0,23
0,11	0,30	0,16	0,35	0,21	0,21	0,25	0	0,29	— 0,09	0,34	— 0,07	0,38	— 0,13	0,43	— 0,07
0,12	0,59	0,17	0,53	0,22	0,42	0,26	0,21	0,30	0,11	0,35	0,11	0,39	0,05	0,44	0,06
0,13	0,77	0,18	0,66	0,23	0,53	0,27	0,35	0,31	0,26	0,36	0,24	0,40	0,15	0,45	0,18
»	»	0,19	0,75	0,24	0,60	0,28	0,47	0,32	0,38	0,37	0,34	0,41	0,23	0,46	0,28
»	»	0,20	0,80	0,25	0,66	0,29	0,56	0,33	0,47	0,38	0,42	0,42	0,31	»	»
»	»	0,21	0,85	0,26	0,71	0,30	0,64	0,34	0,55	0,39	0,48	0,43	0,39	»	»
»	»	0,22	0,88	0,27	0,74	0,31	0,69	0,35	0,61	0,40	0,54	0,44	0,47	»	»
»	»	0,23	0,91	0,28	0,77	0,32	0,73	0,36	0,66	0,41	0,59	0,45	0,55	»	»
»	»	»	»	0,29	0,80	0,33	0,76	0,37	0,70	0,42	0,63	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	0,34	0,79	0,38	0,74	0,43	0,67	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	0,35	0,80	0,40	0,78	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	0,40	0,83	»	»	»	»	»	»

NAPPES SOUMISES A UNE RETENUE D'AVAL (*suite*).

SÉRIE N° 196

H = 0m,10		H = 0m,15		H = 0m,20		H = 0m,25		H = 0m,30		H = 0m,35		H = 0m,40	
h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$
mètre		mètre		mètre		mètre		mètre		mètre		mètre	
0,10	— 0,04	0,15	— 0,01	0,19	— 0,25	0,25	0,09	0,29	— 0,23	0,34	— 0,09	0,39	— 0,06
0,11	0,35	0,16	0,28	0,20	— 0,01	0,26	0,25	0,30	0,06	0,35	0,08	0,40	0,09
0,12	0,56	0,17	0,47	0,21	0,23	0,27	0,37	0,31	0,22	0,36	0,21	0,41	0,20
0,13	0,68	0,18	0,60	0,22	0,41	0,28	0,46	0,32	0,33	0,37	0,32	0,42	0,30
0,14	0,78	0,19	0,69	0,23	0,54	0,29	0,54	0,33	0,43	0,38	0,42	0,43	0,38
»	»	0,20	0,75	0,24	0,62	0,30	0,61	0,34	0,50	0,39	0,49	0,44	0,44
»	»	»	»	0,25	0,68	0,31	0,68	0,35	0,57	0,40	0,54	0,45	0,49
»	»	»	»	0,26	0,72	»	»	0,36	0,63	0,41	0,59	»	»
»	»	»	»	0,27	0,75	»	»	0,37	0,68	0,42	0,63	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	0,38	0,72	0,43	0,66	»	»

SÉRIE N° 197

H = 0m,10		H = 0m,15		H = 0m,20		H = 0m,25		H = 0m,30		H = 0m,35		H = 0m,40	
h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$
mètre		mètre		mètre		mètre		mètre		mètre		mètre	
0,10	0,30	0,16	0,28	0,21	0,28	0,26	0,26	0,32	0,37	0,36	0,27	0,41	0,24
0,11	0,37	0,17	0,44	0,22	0,39	0,27	0,37	0,33	0,47	0,37	0,32	0,42	0,32
0,12	0,64	0,18	0,60	0,23	0,51	0,28	0,47	0,34	0,53	0,38	0,42	0,43	0,40
0,13	0,78	0,19	0,69	0,24	0,60	0,29	0,56	0,35	0,57	0,39	0,50	0,44	0,48
0,14	0,84	0,20	0,75	[illegible]	0,67	[illegible]	0,61	0,36	[illegible]	0,40	0,56	0,45	0,54
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,37	[illegible]	[illegible]	[illegible]	»	»

NAPPES SOUMISES A UNE RETENUE D'AVAL (*suite*).

SÉRIE N° 198.

H = 0m,10		H = 0m,15		H = 0m,20		H = 0m,25		H = 0m,30		H = 0m,35		H = 0m,40		H = 0m,45	
h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$
mètre		mètre		mètre		mètre		mètre		mètre		mètre		mètre	
0,11	0,50	0,16	0,42	0,21	0,36	0,25	0,18	0,29	0,02	0,33	0,08	0,37	— 0,15	0,41	— 0,32
0,12	0,65	0,17	0,55	0,22	0,49	0,26	0,36	0,30	0,24	0,34	0,09	0,38	— 0,07	0,42	— 0,15
0,13	0,73	0,18	0,65	0,23	0,59	0,27	0,46	0,31	0,36	0,35	0,23	0,39	0,09	0,43	0,01
0,14	0,80	0,19	0,72	0,24	0,67	0,28	0,55	0,32	0,45	0,36	0,34	0,40	0,23	0,44	0,15
0,15	0,85	0,20	0,80	0,25	0,73	0,29	0,62	0,33	0,53	0,37	0,44	0,41	0,33	0,45	0,28
0,16	0,90	»	»	0,26	0,78	0,30	0,67	0,34	0,59	0,38	0,52	0,42	0,42	»	»
»	»	»	»	0,27	0,81	0,31	0,72	0,35	0,65	0,39	0,58	0,43	0,50	»	»
»	»	»	»	0,28	0,83	0,32	0,75	0,36	0,69	0,40	0,63	0,44	0,57	»	»
»	»	»	»	0,29	0,85	0,33	0,79	0,37	0,73	0,41	0,67	»	»	»	»
»	»	»	»	0,30	0,86	0,34	0,81	0,38	0,76	0,42	0,71	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	0,39	0,79	0,43	0,73	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	0,44	0,76	»	»	»	»

SÉRIE N° 199

H = 0m,10		H = 0m,15		H = 0m,20		H = 0m,25		H = 0m,30		H = 0m,35		H = 0m,40		H = 0m,45	
h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$
mètre		mètre		mètre		mètre		mètre		mètre		mètre		mètre	
0,12	0,66	0,17	0,56	0,20	0,27	0,25	0,29	0,28	0,02	0,33	0,06	0,37	0,02	0,41	— 0,05
0,13	0,78	0,18	0,68	0,21	0,40	0,26	0,43	0,29	0,17	0,34	0,22	0,38	0,19	0,42	0,09
0,14	0,85	0,19	0,71	0,22	0,52	0,27	0,54	0,30	0,32	0,35	0,36	0,39	0,31	0,43	0,21
0,15	0,88	0,20	0,82	0,23	0,62	0,28	0,63	0,31	0,44	0,36	0,47	0,40	0,41	0,44	0,33
0,16	0,91	0,21	0,86	0,24	0,69	0,29	0,70	0,32	0,54	0,37	0,56	0,41	0,48	0,45	0,44
0,17	0,92	0,22	0,89	0,25	0,76	0,30	0,75	0,33	0,62	0,38	0,63	0,42	0,54	0,46	0,54
0,18	0,92	0,23	0,91	0,26	0,82	0,31	0,79	0,34	0,69	0,39	0,68	0,43	0,59	0,47	0,62
»	»	»	»	0,27	0,85	0,32	0,82	0,35	0,74	0,40	0,72	0,44	0,64	0,48	0,69
»	»	»	»	0,28	0,87	0,33	0,85	0,36	0,77	0,41	0,74	»	»	»	»
»	»	»	»	0,29	0,89	0,34	0,87	0,37	0,80	0,42	0,76	»	»	»	»
»	»	»	»	0,30	0,90	0,35	0,88	0,38	0,83	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	0,40	0,85	»	»	»	»	»	»

NAPPES SOUMISES A UNE RETENUE D'AVAL (*suite*).

SÉRIE N° 200

H = 0m,10		H = 0m,15		H = 0m,20		H = 0m,25		H = 0m,30		H = 0m,35		H = 0m,40		H = 0m,45	
h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$
mètres		mètres		mètres		mètres		mètres		mètres		mètres		mètres	
0,12	0,62	0,17	0,52	0,21	0,37	0,25	0,23	0,30	0,22	0,34	0,10	0,38	−0,03	»	»
0,13	0,72	0,18	0,66	0,22	0,49	0,26	0,36	0,31	0,35	0,35	0,25	0,39	0,14	»	»
0,14	0,79	0,19	0,75	0,23	0,59	0,27	0,47	0,32	0,45	0,36	0,36	0,40	0,16	»	»
0,15	0,84	0,20	0,81	0,24	0,67	0,28	0,56	0,33	0,53	0,37	0,45	0,41	0,36	»	»
0,16	0,88	0,21	0,85	0,25	0,73	0,29	0,63	0,34	0,61	0,38	0,53	0,42	0,44	»	»
0,17	0,91	0,22	0,88	0,26	0,77	0,30	0,69	0,35	0,66	0,39	0,59	0,43	0,56	»	»
0,18	0,93	0,23	0,89	0,27	0,81	0,31	0,74	0,36	0,71	0,40	0,64	0,44	0,59	»	»
0,19	0,95	0,24	0,90	0,28	0,83	0,32	0,78	0,37	0,75	0,41	0,69	0,45	0,65	»	»
0,20	0,96	0,25	0,91	0,29	0,86	0,33	0,81	0,38	0,78	0,42	0,72	0,46	0,72	»	»
»	»	0,27	0,93	0,30	0,88	0,34	0,83	0,40	0,83	0,43	0,75	»	»	»	»
»	»	0,29	0,94	0,31	0,89	0,36	0,86	0,42	0,86	0,44	0,77	»	»	»	»
»	»	0,31	0,96	0,32	0,91	0,38	0,88	0,44	0,88	»	»	»	»	»	»

SÉRIE N° 201

H = 0m,10		H = 0m,15		H = 0m,20		H = 0m,25		H = 0m,30		H = 0m,35		H = 0m,40		H = 0m,45	
h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$
mètres		mètres		mètres		mètres		mètres		mètres		mètres		mètres	
0,12	0,61	0,17	0,53	0,21	0,42	0,25	0,25	0,29	0,17	0,33	0,12	0,37	0,05	0,40	−0,15
0,13	0,71	0,18	0,65	0,22	0,53	0,26	0,40	0,30	0,31	0,34	0,24	0,38	0,17	0,41	0,01
0,14	0,78	0,19	0,72	0,23	0,62	0,27	0,52	0,31	0,43	0,35	0,35	0,39	0,29	0,42	0,16
0,15	0,84	0,20	0,77	0,24	0,69	0,28	0,61	0,32	0,53	0,36	0,44	0,40	0,39	0,43	0,28
0,16	0,89	0,21	0,81	0,25	0,74	0,29	0,68	0,33	0,61	0,37	0,52	0,41	0,48	0,44	0,39
0,17	0,93	0,22	0,84	0,26	0,78	0,30	0,73	0,34	0,67	0,38	0,58	0,42	0,55	0,45	0,49
0,18	0,97	0,23	0,86	0,27	0,82	0,31	0,77	0,35	0,72	0,39	0,63	0,43	0,61	0,46	0,58
»	»	0,24	0,88	0,28	0,84	0,32	0,80	0,36	0,76	0,40	0,67	0,44	0,66	0,47	0,66
»	»	0,25	0,90	0,29	0,86	0,34	0,84	0,37	0,79	0,41	0,71	0,45	0,69	0,48	0,72
»	»	0,27	0,92	0,30	0,88	0,36	0,87	0,38	0,82	0,42	0,74	0,46	0,72	»	»
»	»	0,29	0,94	0,33	0,91	0,38	0,89	0,41	0,86	0,44	0,79	0,47	0,75	»	»
»	»	0,31	0,96	0,36	0,95	0,40	0,92	0,45	0,89	0,46	0,83	0,49	0,79	»	»

NAPPES SOUMISES A UNE RETENUE D'AVAL (*suite*).

SÉRIE N° 02

H = 0m,10		H = 0m,15		H = 0m,20		H = 0m,25		H = 0m,30		H = 0m,35		H = 0m,40	
h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$
mètre		mètre		mètre		mètre		mètre		mètre		mètre	
0,12	0,64	0,17	0,53	0,22	0,49	0,26	0,36	0,31	0,32	0,35	0,22	0,40	0,21
0,13	0,74	0,18	0,64	0,23	0,59	0,27	0,46	0,32	0,42	0,36	0,32	0,41	0,31
0,14	0,81	0,19	0,72	0,24	0,67	0,28	0,53	0,33	0,52	0,37	0,42	0,42	0,40
0,15	0,86	0,20	0,78	0,25	0,72	0,29	0,59	0,34	0,60	0,38	0,49	0,43	0,48
»	»	0,21	0,82	0,26	0,76	0,30	0,65	0,35	0,66	0,39	0,56	0,44	0,56
»	»	0,22	0,86	0,27	0,79	0,31	0,69	0,36	0,71	0,40	0,61	0,45	0,64
»	»	0,23	0,90	0,28	0,80	0,32	0,72	0,37	0,74	0,41	0,65	»	»
»	»	0,24	0,92	0,29	0,81	0,33	0,75	0,38	0,76	0,42	0,69	»	»
»	»	»	»	»	»	0,34	0,78	0,39	0,78	0,43	0,73	»	»
»	»	»	»	»	»	0,35	0,81	0,40	0,80	0,44	0,76	»	»
»	»	»	»	»	»	0,36	0,84	0,41	0,82	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	0,43	0,86	»	»	»	»

SÉRIE N° 203

H = 0m,10		H = 0m,15		H = 0m,20		H = 0m,25		H = 0m,30		H = 0m,35		H = 0m,40	
h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$
mètre		mètre		mètre		mètre		mètre		mètre		mètre	
0,12	0,61	0,17	0,56	0,22	0,49	0,26	0,37	0,31	0,35	0,36	0,32	0,40	0,23
0,13	0,74	0,18	0,67	0,23	0,59	0,27	0,45	0,32	0,42	0,37	0,41	0,41	0,31
0,14	0,83	0,19	0,75	0,24	0,67	0,28	0,53	0,33	0,50	0,38	0,48	0,42	0,39
0,15	0,89	0,20	0,81	0,25	0,73	0,29	0,60	0,34	0,58	0,39	0,55	0,43	0,46
0,16	0,92	0,21	0,85	0,26	0,77	0,30	0,66	0,35	0,64	0,40	0,61	0,44	0,53
0,17	0,95	0,22	0,88	0,27	0,81	0,31	0,72	0,36	0,70	0,41	0,65	0,45	0,60
»	»	»	»	0,28	0,83	0,32	0,76	0,37	0,74	0,42	0,68	0,46	0,66
»	»	»	»	0,29	0,85	0,33	0,80	0,38	0,77	0,43	0,71	»	»
»	»	»	»	»	»	0,34	0,83	0,39	0,79	0,44	0,74	»	»
»	»	»	»	»	»	0,35	0,86	0,40	0,81	0,45	0,76	»	»
»	»	»	»	»	»	0,36	0,88	0,41	0,82	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	0,43	0,85	»	»	»	»

NAPPES SOUMISES A UNE RETENUE D'AVAL (*suite*).

SÉRIE N° 204

H = 0m,10		H = 0m,15		H = 0m,20		H = 0m,25		H = 0m,30		H = 0m,35		H = 0m,40	
h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$
mètre		mètre		mètre		mètre		mètre		mètre		mètre	
0,12	0,61	0,17	0,54	0,22	0,48	0,26	0,39	0,31	0,31	0,36	0,33	0,41	0,31
0,13	0,73	0,18	0,67	0,23	0,58	0,27	0,46	0,32	0,49	0,37	0,41	0,42	0,41
0.14	0,83	0,19	0,76	0,24	0,66	0,28	0,52	0,33	0,59	0,38	0,48	0,43	0,49
0,15	0,90	0,20	0,85	0,25	0,73	0,29	0,58	0,34	0,67	0,39	0,55	0,44	0,56
0.16	0,95	0,21	0,91	0,26	0,78	0,30	0,64	0,35	0,72	0,40	0,60	»	»
0,17	0,98	0,22	0,95	0,27	0,83	0,31	0,70	0,36	0,76	0,41	0,66	»	»
»	»	0,23	0,98	0,28	0,86	0,32	0,75	0,37	0,78	0,42	0,71	»	»
»	»	»	»	0,29	0,89	0,33	0,80	0,38	0,80	0,43	0,76	»	»
»	»	»	»	»	»	0,34	0,84	0,39	0,82	0,44	0,80	»	»
»	»	»	»	»	»	0,35	0,89	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	0,36	0,93	»	»	»	»	»	»

SÉRIE N° 205

H = 0m,10		H = 0m,15		H = 0m,20		H = 0m,25		H = 0m,30		H = 0m,35		H = 0m,40	
h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$	h	$\frac{P_0}{h}$
mètre		mètre		mètre		mètre		mètre		mètre		mètre	
0,12	0,67	0,17	0,60	0,23	0,62	0,28	0,58	0,33	0,54	0,38	0,52	0,43	0,50
0,13	0,75	0,18	0,66	0,24	0,70	0,29	0,66	0,34	0,60	0,39	0,59	0,44	0,56
0,14	0,83	0,19	0,72	0,25	0,76	0,30	0,72	0,35	0,65	0,40	0,65	»	»
0,15	0,90	0,20	0,77	0,26	0,81	0,31	0,77	0,36	0,70	0,41	0,68	»	»
0,16	0,95	0,21	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,71	»	»

N° 25

NOTE

SUR LE

CALCUL DES BARRAGES DE RÉSERVOIRS

EN MAÇONNERIE

Par M. BARBET, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

---

§ 1. — EXPOSÉ.

M. l'Inspecteur Général Maurice Lévy a présenté à l'Académie des Sciences, dans sa séance du 5 août 1895, une étude intitulée : « Quelques considérations sur la construction des grands barrages. »

L'application des méthodes développées dans cette étude nous a suggéré certaines considérations d'ordre à la fois théorique et pratique qui font l'objet de la présente note.

§ 2. — MOYEN D'EMPÊCHER L'EAU DE RESTER SOUS PRESSION A L'INTÉRIEUR DES BARRAGES.

Parmi les moyens que l'on peut imaginer pour empêcher l'eau de rester sous pression à l'intérieur des barrages, M. Maurice Lévy indique le suivant :

« La face amont de l'ouvrage, au lieu d'être lisse,
« serait munie d'une série de pilastres à bases carrées

« d'environ 2 mètres de côté et espacés entre eux ég
« ment d'environ 2 mètres.

« Un mur continu (appelé *mur de garde* du barr
« serait accolé aux faces amont de ces pilastres, de s
« que les intervalles compris entre les pilastres, d'
« part, le mur de garde et le massif principal du barr
« d'autre part, formeraient des puits carrés d'en
« 2 mètres de côté, régnant sur toute la hauteur du
« rage. Les angles de ces puits seraient arrondi
« façon à leur donner une forme circulaire, qui aug
« terait la connexion entre le mur de garde et le m
« du barrage.

« Supposons qu'une fissure quelconque vienne à se
« duire; si elle ne dépasse pas la largeur d'un pila
« soit 2 mètres, elle n'offre aucun danger ; dès q
« dépasse cette dimension au plus, elle débouche f
« ment dans un ou plusieurs puits, de sorte que l'ea
« y pénètre, au lieu d'y produire une pression, s'éco
« dans ces puits. Les fissures, quelles qu'elles s
« deviennent ainsi inoffensives.

« Les eaux amenées de la sorte dans les p
« seraient recueillies par un drain longeant tout le
« rage, puis évacuées par le canal de vidange du ré
« voir. Par le volume d'eau que donnerait ce drain
« serait constamment averti de ce qui se passe da
« barrage. Dès que ce volume atteindrait une va
« appréciable, on visiterait les puits et l'on en bouche
« les fissures. »

Pour les barrages non pourvus de ce dispositif, M. M
rice Lévy recommande de s'imposer, comme prem
condition de résistance, l'obligation d'avoir, à l'extré
amont de chaque joint, une pression élastique supérie
à la pression de l'eau du réservoir en ce point. Ce
condition, dit-il, a naturellement beaucoup moins d'imp
tance si l'on adopte le dispositif ci-dessus décrit. Ma

même dans ce cas, elle paraît sage ; car il est toujours bon de chasser l'eau de la maçonnerie, non seulement à cause de la sous-pression, mais aussi à cause de la gelée.

Dans une note insérée aux *Annales des Ponts et Chaussées*, cahier de juillet 1895, M. l'Ingénieur Le Rond propose un moyen analogue pour conjurer le danger que présentent les fissures dans un barrage calculé pour résister par son poids seul.

L'ouvrage serait divisé en deux parties distinctes : le *corps* du barrage, qui fournirait la résistance, et, en amont, l'*écran* ou le *masque*, qui assurerait l'étanchéité, ou tout au moins ne laisserait passer que de l'eau détendue, sans pression.

On ferait l'écran en bois, en métal ou en maçonnerie. Le masque en maçonnerie consisterait en un mur, aussi étanche que possible, reportant la pression sur le corps du barrage à l'aide d'une série de voûtes, soit à axe vertical, soit à axe horizontal. Les puits, préférables aux galeries, pourraient avoir leur extrados en contact avec le liquide : les voûtes auraient alors un profil circulaire. Enfin la pression exercée par les piédroits serait avantageusement distribuée sur le corps du barrage à l'aide de radiers également voûtés.

La rupture de l'écran en amont d'un puits, dit M. Le Rond, ne présenterait aucun danger ; et, en admettant même que tous les puits vinssent à céder successivement, « on se retrouverait dans le cas d'un barrage sans écran, « dont les maçonneries ne seraient du moins affaiblies « par aucune infiltration antérieure d'eau sous pression. « Il n'y aurait, d'ailleurs, aucun inconvénient à employer « pour les voûtes des profils résistants, bien appareillés « en matériaux durs, en briques par exemple, qui rendraient un semblable accident peu probable. »

Enfin M. l'Ingénieur en chef Pelletreau, dans un mémoire sur les profils des barrages en maçonnerie envi-

sagés dans leurs rapports possibles avec les sous-
sions (*Annales des Ponts et Chaussées*, **1897**, 1er trime
traite aussi la question des masques ou écrans qu
sieurs ingénieurs, dit-il, ont posée de la maniè
vante :

« Construire un corps d'ouvrage destiné à résist
« poussée de l'eau ;

« Le garantir par un masque contre le cont
« l'eau. »

Il fait ressortir que ce procédé comporte néce
ment de sérieuses augmentations de dépenses, et il
à montrer qu'en négligeant les parties du barrage q
concourent pas ou concourent fort peu à la résistanc
obtient un véritable barrage en voûtes avec piles i
médiaires.

Dans les travaux dont nous venons de parler, il
pas tenu compte, on le voit, de la résistance prop
masque ou mur de garde.

Il nous semble que l'on pourrait, en constituant
masque en bonne maçonnerie, identique à celle du c
du barrage, le faire intervenir dans le calcul, ce
reviendrait à ne point distinguer le mur de gard
massif principal et à construire un véritable barrage é
percé de puits destinés à recueillir et à évacuer les e
d'infiltration.

Nous examinerons plus loin les dispositions qui, dans
ordre d'idées, pourraient être adoptées.

En ce qui regarde le calcul auquel l'écran serait s
mis, en même temps que le reste du profil transversal,
peut admettre, à notre avis, qu'en donnant aux puits
forme circulaire, la pression exercée sur les voûtes v
ticales, plus ou moins extradossées, se répartira uni
mément sur tout le corps du barrage, au lieu de se c
centrer en des points déterminés, puisque la partie aval
chaque puits aura la forme d'un radier voûté symétriq

de la partie amont et se raccordant tangentiellement avec elle. Cette distribution nous semble d'autant plus indiquée que la maçonnerie au pourtour des puits ne sera point appareillée et que, par suite, il ne saurait être fait de distinction, au point de vue de la répartition des efforts, entre les parties cintrées des puits et les pilastres compris entre ceux-ci.

Si l'on considère une coupe verticale et transversale du barrage, au droit de l'axe d'un puits, on est ainsi amené à calculer un profil dont les joints horizontaux sont discontinus.

Si l'on envisage une coupe horizontale, on est conduit à appliquer la loi dite « du trapèze » à une surface plane évidée limitée par deux normales à la direction du barrage passant par les centres de deux évidements consécutifs.

Nous traiterons surtout du premier mode de calcul, en opérant sur des profils travaillant exclusivement à la compression, et nous montrerons que le second donnerait vraisemblablement, dans la pratique, une sécurité moindre.

§ 3. — Application de la loi du trapèze aux barrages en maçonnerie a joints horizontaux discontinus.

Soient a, b, les deux éléments amont et aval d'un joint horizontal;

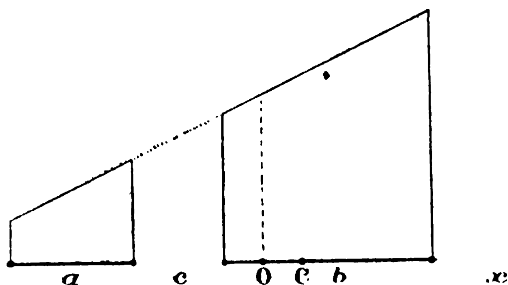


Fig. 1.

c, le vide qui les sépare;

O, le centre de gravité des éléments a et b réunis;

I, leur moment d'inertie par rapport à ce point;

C, le centre de pression;

x_c, l'abscisse du point C par rapport au point O, c'à-dire la distance OC considérée comme positive l'aval et comme négative vers l'amont;

x_n, l'abscisse du point neutre.

On sait que x_c et x_n sont liés par la relation:

$$\frac{x_c x_n}{I} + \frac{1}{a+b} = o. \tag{1}$$

Le moment d'inertie a pour expression :

$$I = \frac{1}{12} \times \frac{(a+b)^4 + 12\,abc\,(a+b+c)}{a+b}.$$

et l'équation (1) devient :

$$\frac{12 x_c x_n\,(a+b)}{(a+b)^4 + 12\,abc\,(a+b+c)} + \frac{1}{a+b} = o;$$

d'où :

$$x_n = -\frac{(a+b)^4 + 12abc\,(a+b+c)}{12 x_c\,(a+b)^2}.$$

Soient maintenant : n, l'ordonnée du trapèze co[...]pondant à l'abscisse x; $\frac{N}{a+b}$, l'ordonnée correspond[...] $x = o$, qui n'est autre que la valeur moyenne de l'ef[...] normal supposé uniformément réparti sur a et b.

On aura :

$$n = \frac{N}{a+b}\left(1 - \frac{x}{x_n}\right).$$

Déterminons, en particulier, les efforts n' et n'' [...] s'exercent aux extrémités amont et aval du joint.

Les abscisses x' et x'' de ces extrémités sont donné[...]

par les relations suivantes, la seconde exprimant que le point O est le centre de gravité de a et b réunis :

$$x'' - x' = a + b + c,$$
$$a\left(-x' - \frac{a}{2}\right) = b\left(x'' - \frac{b}{2}\right);$$

d'où :

$$\left\{\begin{aligned} x' &= -\frac{(a+b)^2 + 2bc}{2(a+b)} \\ x'' &= \frac{(a+b)^2 + 2ac}{2(a+b)}; \end{aligned}\right.$$

d'où enfin :

$$\left\{\begin{aligned} n' &= \frac{N}{a+b}\left(1 - \frac{x'}{x_n}\right) = \frac{N}{a+b}\left[1 - 6x_c\frac{(a+b)\left[(a+b)^2 + 2bc\right]}{(a+b)^4 + 12abc(a+b+c)}\right] \\ n'' &= \frac{N}{a+b}\left(1 - \frac{x''}{x_n}\right) = \frac{N}{a+b}\left[1 + 6x_c\frac{(a+b)\left[(a+b)^2 + 2ac\right]}{(a+b)^4 + 12abc(a+b+c)}\right]. \end{aligned}\right.$$

Si l'on désigne par M le moment de flexion dans la section horizontale considérée, on a :

$$M = N \times x_c;$$

d'où :

$$\left\{\begin{aligned} n' &= \frac{N}{a+b} - 6M\frac{(a+b)^2 + 2bc}{(a+b)^4 + 12abc(a+b+c)} \\ n'' &= \frac{N}{a+b} + 6M\frac{(a+b)^2 + 2ac}{(a+b)^4 + 12\,abc(a+b+c)}. \end{aligned}\right.$$

Pour $c = o$, c'est-à-dire dans le cas d'un mur plein, on retrouve les formules connues :

$$\left\{\begin{aligned} n' &= \frac{N}{a+b}\left(1 - 6\frac{x_c}{a+b}\right) = \frac{N}{a+b} - \frac{6M}{(a+b)^2} \\ n'' &= \frac{N}{a+b}\left(1 + 6\frac{x_c}{a+b}\right) = \frac{N}{a+b} + \frac{6M}{(a+b)^2}. \end{aligned}\right.$$

Considérons un profil évidé formé de deux parties pleines invariables, s et S, et étudions, sur un joint horizontal donné, les variations de n' et de n'' avec l'écartement c.

x_c étant fonction de c, commençons par en cherch[…] l'expression.

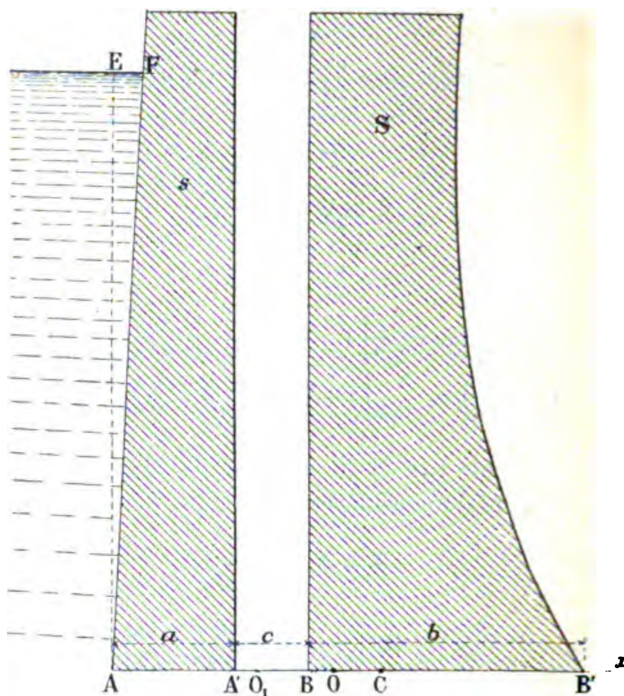


Fig. 2.

Soient :

O_1, le pied de la verticale du centre de gravité [..] l'ensemble des surfaces s et S;

δ et Δ, les distances respectives des centres de grav[…] de ces surfaces aux extrémités amont A et B des é[…] ments a et b;

O étant toujours le centre de gravité de ces éléme[…] réunis;

C, le centre de pression.

La distance O_1C, nulle dans le cas du réservoir vid[…]

ra constante pour une retenue d'eau déterminée.

$$OC = x_c = OO_1 + O_1C, \text{ en grandeur et en signe;}$$
$$OO_1 = OA + AO_1, \qquad —$$

On a en outre, par la considération des centres de ıvité :

$$— OA\,(a+b) = \frac{(a+b)^2 + 2bc}{2}$$
$$AO_1\,(s+S) = s\delta + S(a+c+\Delta);$$

ı

$$= \frac{(a+b)\,[s\delta + S\,(a+c+\Delta)] - \frac{s+S}{2}\,[(a+b)^2 + 2bc]}{(a+b)\,(s+S)} + O_1C,$$

en désignant par Δ_0 la distance au parement d'amont centre de gravité de l'ensemble des surfaces s et S(*) r $c = o$:

$$x_c = \Delta_0 - \frac{a+b}{2} + O_1C - \frac{sb - Sa}{(a+b)\,(s+S)}\,c = \alpha - \beta c.$$

ıtroduisant cette expression dans celles de n' et n'', on ent :

$$= \frac{N}{a+b}\left[1 - 6\,(\alpha - \beta c)\,\frac{(a+b)\,[(a+b)^2 + 2bc]}{(a+b)^4 + 12\,abc\,(a+b+c)}\right]$$
$$= \frac{N}{a+b}\left[1 + 6\,(\alpha - \beta c)\,\frac{(a+b)\,[(a+b)^2 + 2ac]}{(a+b)^4 + 12\,abc\,(a+b+c)}\right]$$

est de même signe que :

$$ba - \beta\,(a+b)^2 - 4b\beta c]\,[(a+b)^4 + 12abc\,(a+b+c)]$$
$$+ 12ab\,(a+b+2c)\,(\alpha - \beta c)\,[(a+b)^2 + 2bc] = (a+b)^3[\beta(a+b)^3$$
$$b(5a-b)] + 4b(a+b)^2[\beta(a+b)^2 + 6a\alpha]c + 12ab[\beta(b^2-a^2) + 2b\alpha]c^2.$$

Si le parement d'amont n'est pas vertical, la formule reste la ıe, à la condition de désigner par s la surface de l'écran augmentée elle du triangle curviligne d'eau AEF multipliée par la fraction $\frac{1}{k}$, ınt la densité de la maçonnerie.

b est plus grand que *a* ; β, de même signe que sb — S
est positif si l'axe du puits est vertical et si le pareme
d'aval du barrage est beaucoup plus incliné sur l'horiz
tale que le parement d'amont, conditions qui seront t
jours réalisées dans la pratique.

On voit donc que tous les termes de $\frac{dn'}{dc}$ sont positif
α est lui-même positif et si l'on a, en outre :

$$\beta(a+b)^3 + 2\alpha b(5a-b) > 0.$$

α sera certainement positif quand le réservoir se
eau ; l'inégalité ci-dessus est d'ailleurs satisfaite, et
suite, n' est fonction croissante de c, si b est plus petit
$5a$, condition suffisante, mais nécessaire seulement da
cas limite où sb est égal à Sa, qui sera toujours réa
à la partie supérieure du barrage et à laquelle on po
même s'astreindre sans grande difficulté sur tout
hauteur.

En changeant a en b, et réciproquement α en —
β en $-\beta$, on obtient une expression de même signe
$\frac{dn''}{dc}$; mais si le terme constant et le terme en c de c
expression sont toujours négatifs, il n'en est pas de m
du terme en c^2, de sorte que, sous cette forme, on ne
pas bien comment n'' varie avec c.

$\frac{dn''}{dc}$ peut s'écrire, à un facteur constant et positif pr

$$(\alpha-\beta c)\frac{d}{dc}\left[\frac{(a+b)^2+2ac}{(a+b)^4+12abc(a+b+c)}\right]-\beta\frac{(a+b)^2+2ac}{(a+b)^4+12abc(a+b\ldots}$$

La dérivée que multiplie $\alpha - \beta c$ est de même si
que :

$$a[(a+b)^4+12abc(a+b+c)]-6ab(a+b+2c)[(a+b)^2+2ac]$$
$$=-a(a+b)^3(5b-a)-12ab(a+b)^2c-12\ldots$$

Elle est toujours négative, et il en est de même, sans autres conditions, de $\frac{dn''}{dc}$, si $\alpha - \beta c$ est positif, c'est-à-dire que n'' est une fonction décroissante de c.

Si, au contraire, le niveau de l'eau dans le réservoir s'abaisse suffisamment pour que α et, *a fortiori*, $\alpha - \beta c$ deviennent négatifs, les variations de n' et de n'' avec c ne sont plus nettement accusées ; mais ce cas présente assurément moins d'intérêt que celui du réservoir en charge. Nous allons voir du reste que, pour une valeur suffisamment grande de c, n' tend à décroître et n'' à croître, lorsque le réservoir est vide, conditions favorables à la résistance.

Tirons tout d'abord des considérations ci-dessus les conclusions générales suivantes :

1° Un barrage évidé par des puits présente toujours au droit des évidements, au point de vue des pressions maxima dans la maçonnerie, lorsque le réservoir est en eau, de meilleures conditions de résistance qu'un barrage plein de même section.

2° Si l'épaisseur de la partie pleine amont, inférieure à celle de la partie pleine aval ou du corps principal du barrage, est au moins égale à son cinquième, le barrage évidé présente des conditions plus favorables de résistance qu'un barrage plein de même section, au double point de vue des pressions maxima en charge et des chances d'infiltration dans la maçonnerie.

Lorsque c tend vers ∞, n' et n'' tendent respectivement vers :

$$n'\infty = \frac{N}{a+b}\left[1 + \frac{sb - Sa}{a(s+S)}\right] = \frac{Ns}{a(s+S)}.$$

$$n''\infty = \frac{N}{a+b}\left[1 - \frac{sb - Sa}{b(s+S)}\right] = \frac{NS}{b(s+S)}$$

n' tend donc vers une valeur plus grande que $\frac{N}{a+b}$, et n'' vers une valeur plus petite.

Ces valeurs limites ne dépendent que des dimensio des éléments constitutifs de l'ouvrage, de sorte que, les deux parties pleines d'un barrage évidé s'écarte indéfiniment l'une de l'autre, le barrage tend à résist comme si la pression de l'eau n'existait pas. C'est hâtons-nous de le dire, une déduction absolument th rique, car il ne peut y avoir solidarité entre les d parties pleines, comme le suppose essentiellement démonstration des formules, qu'autant que l'évidem est restreint.

Si nous comparons les valeurs limites de n' et de n'' pressions correspondantes n'_v et n''_v dans le barrage pl lorsque le réservoir est vide, nous trouverons :

$$n'\infty - n'_v = \frac{N}{a+b}\left[\frac{sb - Sa}{a(s+S)} - 6\,\frac{\frac{a+b}{2} - \Delta_0}{a+b}\right]$$

$$n''\infty - n''_v = \frac{N}{a+b}\left[-\frac{sb - Sa}{b(s+S)} + 6\,\frac{\frac{a+b}{2} - \Delta_0}{a+b}\right]$$

Pour un profil rectangulaire, $sb = Sa$;

$$\Delta_0 = \frac{a+b}{2} \left\{ \begin{array}{l} n'\infty - n'_v = 0 \\ n''\infty - n''_v = 0. \end{array} \right.$$

Pour un profil triangulaire, $\dfrac{sb - Sa}{s+S} = \dfrac{ab}{a+b}$;

$$\Delta_0 = \frac{a+b}{3} \left\{ \begin{array}{l} n'\infty - n'_v = -\dfrac{Na}{(a+b)^2} \\ n''\infty - n''_v = \dfrac{Nb}{(a+b)^2}. \end{array} \right.$$

En pratique, le profil d'un barrage étant intermédiai entre le triangle et le rectangle, les pressions dans maçonnerie à vide, pour une valeur suffisamment grand de c, tendront donc à augmenter en aval et à diminu en amont, comme nous l'avons dit plus haut.

Application de la théorie qui précède à la détermination du profil d'un barrage en maçonnerie. — D'après ce qui précède, le profil transversal d'un barrage évidé présente, au droit d'un puits, une résistance supérieure à celle d'un barrage plein de même section ; mais il n'en est pas moins plus faible, évidemment, que le profil plein obtenu en supposant le puits comblé de maçonnerie.

Le barrage devra donc avoir deux profils différents : l'un au droit des puits, l'autre entre deux puits consécutifs.

On commencera par déterminer ce dernier, par les procédés en usage, en s'imposant, comme condition primordiale, que la pression élastique à l'extrémité amont d'un joint horizontal soit partout supérieure à la pression de l'eau en ce point.

Théoriquement, en égalant les pressions amont et aval ainsi obtenues, pour chaque joint (réservoir en eau), aux valeurs correspondantes de n' et de n'' pour un barrage évidé, on aurait deux relations permettant de calculer a et b pour un évidement donné c (*).

On serait ainsi amené à la résolution d'équations du 7e degré ; dans la pratique, on ne pourra donc obtenir les valeurs successives de a et de b que par tâtonnements.

En général, on pourra se donner l'une des quantités a ou b et déterminer l'autre par la condition que la pression élastique à l'extrémité amont d'un joint soit la même que dans le profil plein, ou du moins qu'elle ne soit en aucun point inférieure à la pression de l'eau. a ou b sera connu si l'on admet que l'un des parements présente le même profil, au droit d'un évidement, qu'entre deux puits consécutifs et si l'on a fixé, par rapport à ce parement, la position du puits ; les valeurs de l'autre quantité, pour

(*) Nous n'envisageons ici que les pressions normales aux joints horizontaux ; les pressions maxima s'en déduiraient par la formule de M. Maurice Lévy et entraîneraient une légère correction des valeurs obtenues pour a et b.

une série de joints horizontaux, définiront le profil d
contreforts à ajouter à l'autre parement.

Il résulte d'ailleurs de la théorie qui précède que plein d'un contrefort sera plus petit que le vide corre pondant, de sorte que la création des puits, sans proc rer une économie appréciable, n'entraînera tout au moi aucune augmentation de dépenses (*).

Les considérations ci-après montrent que l'on p arriver, pratiquement, à déterminer le profil des contr forts sans tâtonnements trop laborieux.

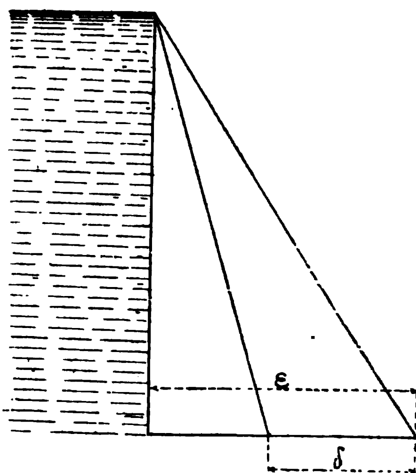


Fig. 3.

Lorsque la pression élastique à l'extrémité amont d'u joint horizontal quelconque est supérieure à la pressi de l'eau, l'effort maximum dans la maçonnerie, qui s produit au parement d'aval, est nécessairement peu élevé Il suffit, pour s'en convaincre, d'envisager le cas théoriqu

(*) Les ailes des contreforts, toutefois, donneront lieu à une légère augmentation du cube de la maçonnerie, comme un exemple le montrera plus loin.

d'un profil triangulaire dont le sommet coïncide avec le niveau de la retenue.

Soit, dans un pareil profil,

ε, la largeur d'un joint; y, la hauteur; et Q, la poussée de l'eau au-dessus de ce joint; δ, la distance horizontale du centre de pression au parement d'aval ; k, la densité de la maçonnerie.

On aura :

$$n' = \frac{6\delta - 2\varepsilon}{\varepsilon} \times \frac{N}{\varepsilon}$$

$$N = k \times \frac{\varepsilon y}{2}$$

$$Q = \frac{y^2}{2}$$

$$\delta = \frac{2\varepsilon}{3} - \frac{Q}{N} \times \frac{y}{3} = \frac{2\varepsilon}{3} - \frac{y^2}{3k\varepsilon};$$

d'où:

$$n' = y\left(k - \frac{y^2}{\varepsilon^2}\right).$$

Pour que n' soit plus grand que y, il faut que l'on ait:

$$\varepsilon > \frac{y}{\sqrt{k-1}}.$$

Pour $\varepsilon = \frac{y}{\sqrt{k-1}}$, $n' = y$; $n'' = (k-1)y$; et la compression maxima au parement d'aval a pour valeur :

$$(k-1)\,y\left(1 + \frac{\varepsilon^2}{y^2}\right) = ky.$$

Elle ne dépassera 8 kilogrammes par centimètre carré, chiffre modeste, que pour une retenue de plus de 32 à 40 mètres, si k varie de 2,5 à 2. En s'attachant à réaliser la condition énoncée par M. Maurice Lévy pour la pression élastique en amont, on obtiendra donc généralement un profil satisfaisant aux autres conditions voulues de résistance.

On conclut de là qu'il est plus avantageux d'établir contreforts en amont qu'en aval, au droit des évidem d'un barrage avec puits.

Cela paraît résulter déjà de la théorie dévelop ci-dessus, puisque la pression amont n' croît d'autant avec c que b est plus petit par rapport à a.

Pour une valeur donnée de c, imaginons que, $a+$ $s+S$ restant constants, on enlève une tranche d'é seur uniforme da ou de surface $ds = hda$ au pare d'aval et qu'on la reporte au parement d'amont.

La pression moyenne $\frac{N}{a+b}$ ne sera pas modifiée.

La valeur de l'expression $\frac{(a+b)[(a+b)^2+2}{(a+b)^4+12abc(a+b}$

diminuera puisque, b diminuant et se rapprochant ain a, le produit ab augmentera.

$$x_c = \Delta_0 - \frac{a+b}{2} + 0_1C - \frac{sb - Sa}{(a+b)(s+S)} c$$

variera de

$$dx_c = -\frac{bds - sda - Sda + ads}{(a+b)(s+S)} c = \left(-\frac{ds}{s+S} + \frac{da}{a+b}\right)$$

$$= da \left(\frac{1}{a+b} - \frac{h}{s+S}\right)c,$$

expression négative, $s+S$ étant plus petit que $h(a+$

Donc n' augmentera.

Enfin, en pratique, les pressions maxima seront t jours faibles à la partie supérieure du barrage ; les pr sions aux extrémités amont des joints y seront sensi ment plus élevées que celles de l'eau : il n'y aura d intérêt à renforcer quelque peu le barrage par le ha au droit des puits, qu'en vue de ne pas trop réduire pression moyenne et, par suite, la pression amont v la base ; on pourra dès lors, sans inconvénient, donn

Fig. 4. — Profil plein.

Fig. 5. — Profil évidé.

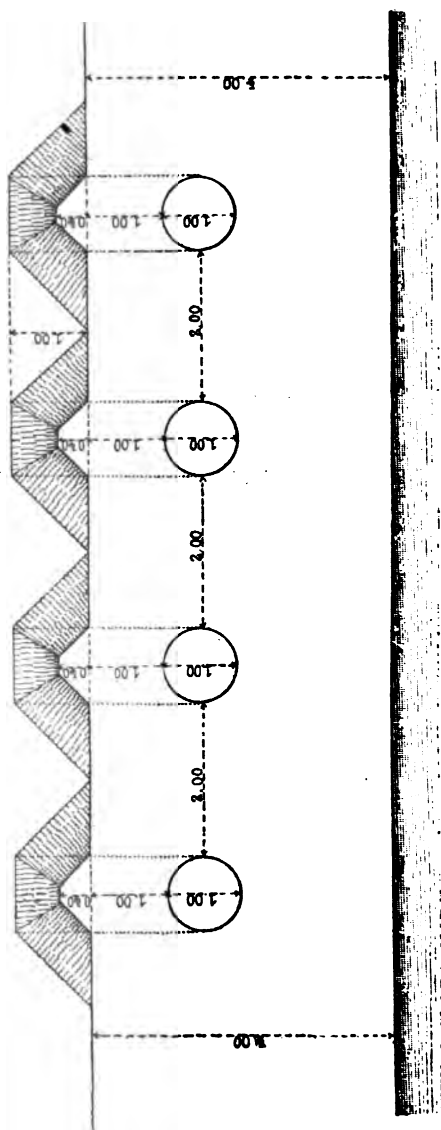


Fig. 6. — Plan (Échelle de 0m,01 pour 1 mètre).

aux contreforts un fruit uniforme défini par les conditions de résistance au niveau du dernier joint inférieur.

On sera conduit ainsi à une disposition analogue à celle que représentent les *fig.* 4, 5 et 6 des pages 281 et 282, déterminées pour un barrage de 18 mètres de hauteur supportant une charge d'eau de $17^{m},40$.

Chaque contrefort a un volume approximatif de :

$$\frac{1}{3}\,18\left[2 + 0,24 + \sqrt{2 \times 0,24}\right] = 17^{m^3},59\,;$$

tandis que celui du vide d'un puits est de $14^{m^3},14$. L'augmentation résultante, due aux ailes des contreforts, n'est donc que de $3^{m^3},45$ tous les 3 mètres, soit $1^{m^3},15$ par mètre linéaire de barrage.

Le tableau suivant donne les résultats du calcul auquel ces profils ont été soumis, en admettant que la maçonnerie pèse 2.300 kilogrammes par mètre cube et en tenant compte de la composante verticale de la pression de l'eau sur les contreforts.

Désignation des joints	Pression de l'eau	Profil plein						Profil évidé avec contreforts						Observations
		Valeurs de n'		Valeurs de n''		Compression maxima au parement d'aval		Valeurs de n'		Valeurs de n''		Compression maxima au parement d'aval		
		à vide	en charge	à vide	en charge	à vide	en charge	à vide	en charge	à vide	en charge	à vide	en charge	
Joint I....	0,24	0,72	0,64	0,62	0,70	0,64	0,73	0,70	0,63	0,61	0,70	0,63	0,73	La pression élastique maxima à l'extrémité amont d'un joint est égale à $n'\left(1 + \frac{1}{900}\right)$; mais on peut négliger la fraction $\frac{n'}{900}$, qui est insignifiante.
Joint II...	0,54	1,70	1,12	0,64	1,22	0,78	1,49	1,60	1,10	0,75	1,16	0,91	1,41	
Joint III..	0,84	2,66	1,34	0,28	1,60	0,41	2,33	2,53	1,44	0,40	1,39	0,58	2,02	
Joint IV..	1,14	3,39	1,69	0,09	1,79	0,15	2,89	3,36	1,74	0.16	1,65	0,26	2,66	
Joint V...	1,44	4,08	1,90	—0,08	2,10	—0,13	3,39	4,01	1,94	0,01	1,95	0,02	3,15	
Joint VI..	1,74	4,78	2,09	—0,14	2,55	—0,23	4,11	4,71	2,08	—0,14	2,37	—0,23	3,82	

Ces calculs ne portent, au droit d'un évidement, sur le profil de largeur maxima, correspondant à la à l'axe d'un puits et à celui d'un contrefort ; mais facile de voir que les conditions de résistance des profils sont plus satisfaisantes.

En effet, cela saute aux yeux pour les sections

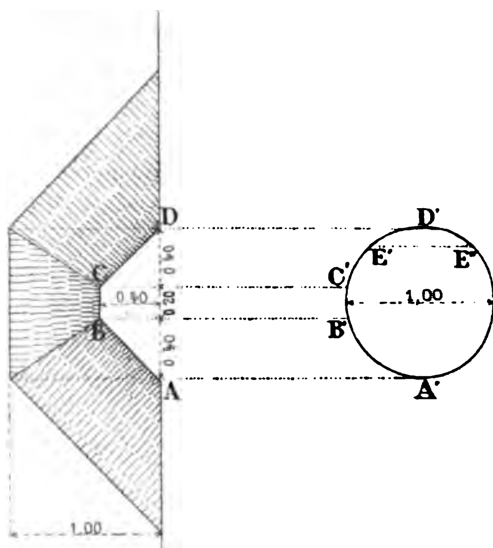


Fig. 7.

entre les plans verticaux BB′ et CC′, puisque la coupe contrefort y demeure constante et égale à la coupe trale, tandis que l'évidement variable est plus petit diamètre du puits. Cela n'est pas moins évident pour sections en deçà et au-delà des plans extrêmes AA′ DD′, où l'on retrouve le profil plein augmenté en d'un contrefort triangulaire.

Il ne nous reste donc à envisager que les profils pris entre les plans AA′ et BB′ ou CC′ et DD′, dont moins résistant correspond au point E′ où la tangente

irconférence du puits est parallèle à CD. La corde
'a une longueur de R $\sqrt{2} = 0^m,70$ et est à une dis-
e de $0^m,35$ du centre. Il en résulte que le profil con-
é a la forme et les dimensions représentées ci-dessous
a'il est, surtout vers la base, plus fort que le profil
is au calcul.

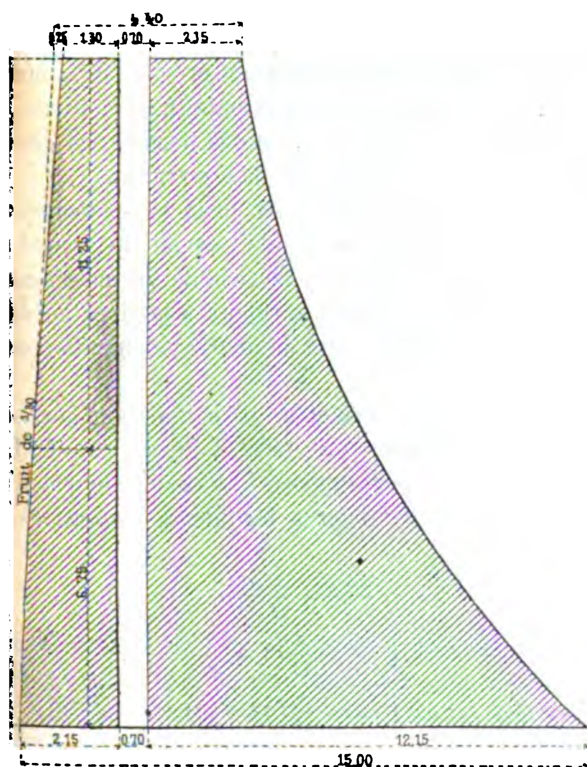


Fig. 8.

ı sommet, les pleins (1,30 + 2,15 = 3,45) l'em-
ənt encore sur ceux de ce dernier profil

$$(1,40 + 2 = 3,40);$$

mais une partie minime en est transférée d'amont aval ; au surplus, vers le haut du barrage, les pres sont peu élevées et une légère variation de la résista en plus ou en moins, présente peu d'intérêt.

§ 4. — Application de la loi du trapèze a une sec horizontale évidée.

En appliquant, dans le paragraphe précédent, la loi du pèze à un barrage à joints horizontaux discontinus, avons raisonné comme si le profil transversal cons régnait sur toute la longueur de l'ouvrage.

Il serait plus rationnel, mais aussi plus laborieux, traiter avec sa forme véritable, suivant le second m de calcul indiqué plus haut, l'ensemble du massif com entre deux plans verticaux normaux à la direction du rage et passant par les axes de deux évidements cons tifs.

Ox étant l'axe de symétrie d'une section horizont quelconque, de surface Ω, faite dans ce massif ; I, moment d'inertie par rapport à l'axe principal d'in tie Oy ; on aurait, d'après les mêmes notations ci-dessus :

$$\frac{x_c x_n}{I} + \frac{1}{\Omega} = 0$$

$$\left\{\begin{array}{l} n' = \frac{N}{\Omega}\left(1 - \frac{x'}{x_n}\right) \\ n'' = \frac{N}{\Omega}\left(1 - \frac{x''}{x_n}\right) \end{array}\right. .$$

Il n'est guère possible de discuter ces formules géné rales, dont les éléments dépendent de la forme des contre forts ; mais on peut montrer qu'elles accusent vraisem blablement une répartition plus favorable des efforts q les expressions établies au § 3.

En effet, celles-ci supposent rempli le vide entre deu

treforts et évidé tout l'espace compris entre deux plans gents aux puits et parallèles à la direction du barrage.

Soient N et N_a les charges verticales sur les sections

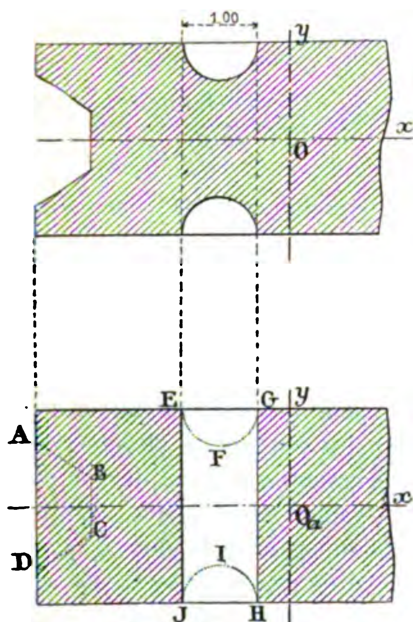


FIG. 9.

sidérées Ω et Ω_a (*fig.* 9), faites à une hauteur h en tre-bas du niveau du couronnement; ω_p et ω_v, les sur- es ABCD, EFGHIJ ; k, la densité de la maçonnerie.

Nous aurons :

$$n' = \frac{N}{\Omega}\left(1 - \frac{x'}{x_n}\right)$$

$$n'_a = \frac{N_a}{\Omega_a}\left(1 - \frac{x'_a}{x_{an}}\right)$$

$$N_a = N + kh\left(\frac{1}{m}\,\omega_p - \omega_v\right).$$

$\frac{1}{m}$ étant une fraction au plus égale à l'unité :

$$\Omega_a = \Omega + \omega_p - \omega_v$$

$$\frac{N_a}{\Omega_a} - \frac{N}{\Omega} = \frac{kh\Omega\left(\frac{1}{m}\omega_p - \omega_v\right) - N(\omega_p - \omega_v)}{\Omega_a\Omega}$$

$$= \frac{(N - kh\Omega)(\omega_v - \omega_p) - kh\Omega\omega_p\left(1 - \frac{1}{\ldots}\right.}{\Omega_a\Omega}$$

Or N est plus petit que $kh\Omega$; dans l'exemple ch

$\omega_v = 3 - \frac{\pi}{4} = 2^{m2},21$; ω_p varie de 1 mètre carré, à la b

du barrage, à $0^{m2},96$ au sommet : il est donc plus petit que

donc $\frac{N}{\Omega}$ est plus grand que $\frac{N_a}{\Omega_a}$.

D'autre part, pour les sections inférieures du barr qui, supportant les plus fortes charges, sont les se réellement intéressantes au point de vue du calcul, x' plus petit en valeur absolue que x_a', le comble du vide ω_v et la suppression du plein ω_p ayant pour e dès que le centre de gravité O ou O_a est suffisamment aval du puits, de reporter vers l'amont à la fois le ce de gravité de la surface et le point d'application du ce de pression C qui correspond au centre de gravité trapèze évidé figurant la loi.

Représentons graphiquement cette loi, comme ci-d sous, pour les deux sections Ω et Ω_a.

La pression moyenne $\frac{N}{\Omega}$ étant plus grande que $\frac{N_a}{\Omega_a}$ et centre de pression C étant situé en amont de C_a, tout po à croire que la droite $n'n''$ est plus inclinée que $n'_a n''_a$ ve l'horizontale ; que, par suite, n' est plus grand que n'_a.

La condition essentielle à réaliser étant, comme no l'avons vu, relative à la pression élastique en amont et l

efforts étant toujours faibles lorsqu'elle est satisfaite, il en résulte que le mode de calcul donnant le plus de sécurité paraît être celui qui a fait l'objet du § 3 de la présente note, puisqu'il semble devoir accuser pour n' la plus petite valeur.

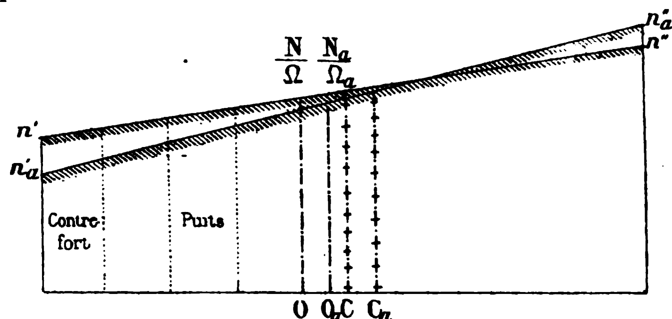


Fig. 10.

On peut reprocher au système, qui consiste à compenser chaque évidement par un contrefort lui correspondant à l'amont du barrage, d'augmenter la surface mouillée et, par conséquent, les chances d'infiltration.

L'objection ne serait pas très fondée, à notre avis, parce que la force qui entre en jeu n'est pas la pression totale sur la surface plus ou moins contournée du parement d'amont, mais sa composante normale à la direction générale de la digue. Toutefois il convient de se demander si, au double point de vue de l'étanchéité et de la résistance, une surépaisseur à profil constant ne serait pas au moins aussi efficace que des contreforts.

Il n'y a pas lieu d'appliquer à ce renforcement le mode de calcul basé sur la théorie des joints horizontaux discontinus (§ 3), qui conduirait à une surépaisseur uniforme égale au profil de largeur maxima d'un contrefort, et il faut nécessairement recourir ici à la méthode faisant l'objet du présent § 4. — C'est ce que nous allons

faire pour le type de barrage de 18 mètres de haut, soutenant 17m,40 d'eau, déjà envisagé plus haut.

Nous ferons porter la surépaisseur sur le parem amont pour deux motifs : d'abord parce que c'est d côté qu'elle est le plus avantageuse, d'après la thé développée au § 3, et qu'il convient que le profil du rage, déterminé par un mode de calcul, réponde au que possible aux conditions de résistance définies l'autre ; ensuite parce qu'au point de vue de l'étanch mieux vaut renforcer le profil en amont du puits q aval.

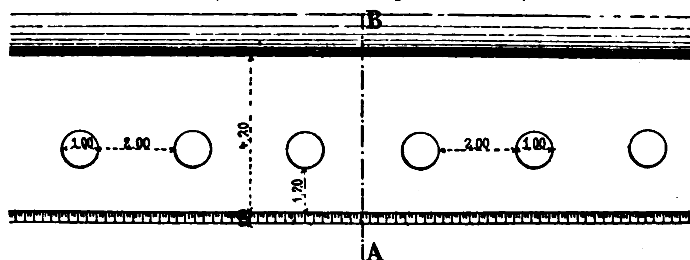
A priori, il semble que le cube de maçonnerie su mentaire compris entre les axes de deux évidements c sécutifs doive être inférieur au vide d'un puits, le mo principal d'inertie d'une section horizontale pleine mentant si l'on découpe une certaine surface à l'inté de cette section pour la reporter, normalement à l d'inertie, en dehors de son périmètre.

Si, dans le cas d'un barrage, le plein ainsi ajouté plus petit que le vide pratiqué, les centres de gravité la section et du cube de maçonnerie qu'elle supporte déplacent dans le même sens ; mais le rapport de la p sée de l'eau à la charge verticale augmente, de sorte le centre de pression a une tendance à s'éloigner, l'aval, du centre de gravité de la surface. Il conv donc de ne pas trop réduire la surépaisseur, à la pour obtenir une bonne répartition des charges et p éviter de créer, au droit d'un puits, un profil transv sal de moindre résistance s'écartant notablement du p déterminé par la considération des joints horizontaux continus.

C'est pourquoi nous prendrons pour volume total renforcement, entre deux puits consécutifs, précisém celui d'un contrefort qui est, comme nous l'avons vu, 17^{m3},59. Cette condition se trouve réalisée en donnant

parement d'amont un fruit de 1/60, en élargissant le bar-

Plan (Échelle de 0m,001 pour 1 mètre).



Coupe suivant AB (Échelle de 0m,005 pour 1 mètre).

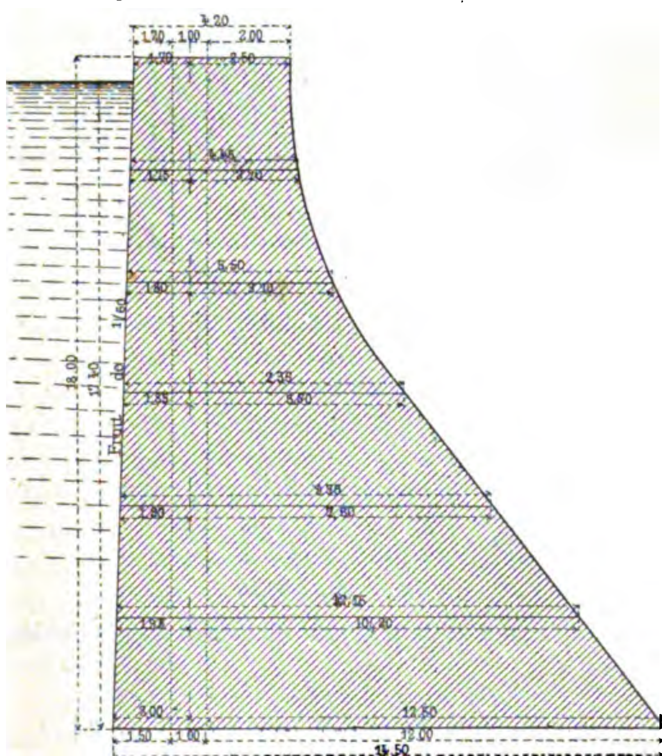


Fig. 11.

rage de $0^m,175$ au sommet et de $0^m,475$ à la base. Pour simplifier les calculs, nous avons admis $0^m,20$ et $0^m,50$ (*fig.* 11, p. 291.)

Appelons a et b, dans chaque joint, les distances du centre d'un puits aux parements d'amont et d'aval et conservons les notations déjà admises pour les autres grandeurs (*fig.* 12).

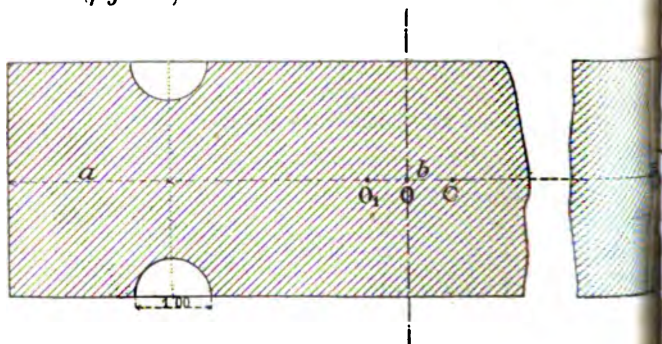


FIG. 12.

Nous aurons :

$$-x' = \frac{6(a+b)^2 - \pi a}{12(a+b) - \pi}$$

$$x'' = \frac{6(a+b)^2 - \pi b}{12(a+b) - \pi}$$

$$\Omega = 3(a+b) - \frac{\pi}{4}$$

$$I = \frac{(a+b)^3}{4} + 3(a+b)\left[(x' + \frac{a+b}{2}\right]^2 - \frac{\pi}{64} - \frac{\pi}{4}(x' + \ldots$$

$$= \frac{(a+b)^3}{4} - \frac{\pi}{64} - \frac{3}{4}\pi\,\frac{(a+b)(b-a)^2}{12(a+b) - \pi}$$

$$x_c = OO_1 + O_1C,$$

O_1 étant le pied de la verticale du centre de gravité de la charge N.

$$\begin{cases} n' = \dfrac{4N}{12(a+b) - \pi}\left[1 - x_c\,\dfrac{6(a+b)^2 - \pi a}{4I}\right] \\ n'' = \dfrac{4N}{12(a+b) - \pi}\left[1 + x_c\,\dfrac{6(a+b)^2 - \pi b}{4I}\right] \end{cases}$$

En remplaçant les lettres par leurs valeurs pour les six joints considérés du barrage, on obtient les résultats ci-après, qui se rapprochent beaucoup de ceux que nous avons accusés pour le profil plein et le profil évidé avec contreforts.

DÉSIGNATION des joints	PRESSION de l'eau	VALEURS DE n'		VALEURS DE n''		COMPRESSION maxima au parement d'aval		OBSERVATIONS
		à vide	en charge	à vide	en charge	à vide	en charge	
Joint I....	0,24	0,70	0,64	0,64	0,70	0,66	0,73	La pression élastique maxima à l'extrémité amont d'un joint est égale à $n'\left(1+\frac{1}{3.600}\right)$; mais on peut négliger la fraction $\frac{n'}{3.600}$ qui est insignifiante.
Joint II...	0,54	1,62	1,10	0,71	1,22	0,86	1,48	
Joint III...	0,84	2,55	1,44	0,39	1,48	0,57	2,15	
Joint IV...	1,14	3,33	1,72	0,12	1,70	0,19	2,75	
Joint V....	1,44	4,00	1,94	0,00	2,02	0,00	3,27	
Joint VI...	1,74	4,62	2,09	−0,02	2,49	−0,03	4,02	

En somme on peut, croyons-nous, sans compromettre en rien la stabilité d'un barrage en maçonnerie, y pratiquer des puits à la condition de compenser, soit chaque évidement par un contrefort lui correspondant en amont, soit l'ensemble des évidements par une surépaisseur à profil constant. Surépaisseur et contreforts représentent à peu près le même cube de maçonnerie, peu différent du volume des vides. On conserve ainsi tous les avantages du système des puits et l'on évite la dépense supplémentaire résultant de l'adjonction de ceux-ci à un barrage dont le corps principal aurait à lui seul une résistance suffisante.

Nous n'hésitons pas à donner la préférence aux contreforts parce que, s'ils compliquent légèrement la construction et augmentent la surface mouillée, en revanche, la forme en peut être déterminée de manière à réaliser

des profils transversaux d'égale résistance ou à peu pr tandis que la surépaisseur à profil constant, calculée considérant l'ensemble du massif compris entre les a de deux évidements consécutifs, laisse subsister en co transversale un point faible au droit de chaque puits.

§ 5. — Expression approchée des forces élastiq sur les éléments horizontaux et verticaux.

En désignant comme ci-dessus par n' et n'' les press normales aux deux extrémités (amont et aval) d'une s tion horizontale ε faite dans un barrage sous une prof deur d'eau y, M. l'Inspecteur Général Maurice Lév établi les formules suivantes qui donnent, quand le pa ment d'amont est vertical, la pression normale n en point de cette section situé à la distance x du pare d'amont, les composantes normale et tangentielle n_1 de la pression totale exercée sur un élément vertical sant par le point (x, y) :

$$\left\{\begin{aligned} n &= P + Qx \\ n_1 &= y + P'' \frac{x^2}{2} + Q'' \frac{x^3}{6} \\ t &= (k - P')x - Q' \frac{x^2}{2} \end{aligned}\right.$$

où les accents désignent des dérivées par rapport à y.

On a d'ailleurs :

$$P = n' \qquad\qquad Q = \frac{n'' - n'}{\varepsilon}$$

Dans l'intervalle compris entre deux joints horizont ε sera une fonction linéaire de y si l'on substitue la co à l'élément correspondant du parement d'aval. — Le expressions de n', n'' et, par suite, de P et Q et surto de leurs dérivées première et seconde n'en sont pas moi assez compliquées.

On obtient des expressions approchées en admettant qu'entre deux joints, n' et n'' sont aussi des fonctions linéaires de y.

Soit m l'ordre numérique d'un joint ; ε_m, n'_m et n''_m les valeurs correspondantes de ε, n' et n''. — Posons :

$$\varepsilon = \lambda + \mu y$$
$$n' = \lambda' + \mu' y$$
$$n'' = \lambda'' + \mu'' y.$$

Les constantes λ, μ, λ', μ', λ'', μ'' seront déterminées par les relations :

$$\begin{array}{l|l|l} \varepsilon_m = \lambda + \mu y_m & n'_m = \lambda' + \mu' y_m & n''_m = \lambda'' + \mu'' y_m \\ \varepsilon_{m-1} = \lambda + \mu y_{m-1} & n'_{m-1} = \lambda' + \mu' y_{m-1} & n''_{m-1} = \lambda'' + \mu'' y_{m-1} \end{array}$$

d'où :

$$\left\{\begin{array}{l|l|l} \lambda = \dfrac{\varepsilon_{m-1} y_m - \varepsilon_m y_{m-1}}{y_m - y_{m-1}} & \lambda' = \dfrac{n'_{m-1} y_m - n'_m y_{m-1}}{y_m - y_{m-1}} & \lambda'' = \dfrac{n''_{m-1} y_m - n''_m y_{m-1}}{y_m - y_{m-1}} \\ \mu = \dfrac{\varepsilon_m - \varepsilon_{m-1}}{y_m - y_{m-1}} & \mu' = \dfrac{n'_m - n'_{m-1}}{y_m - y_{m-1}} & \mu'' = \dfrac{n''_m - n''_{m-1}}{y_m - y_{m-1}} \end{array}\right.$$

$$\begin{array}{l|l} P = n' = \lambda' + \mu' y. & Q = \dfrac{n'' - n'}{\varepsilon} = \dfrac{\lambda'' - \lambda' + (\mu'' - \mu')\, y}{\lambda + \mu y} \\ P' = \mu' & Q' = \dfrac{\lambda(\mu'' - \mu') - \mu(\lambda'' - \lambda')}{(\lambda + \mu y)^2} \\ P'' = 0 & Q'' = -2\mu \dfrac{\lambda(\mu'' - \mu') - \mu(\lambda'' - \lambda')}{(\lambda + \mu y)^3} \end{array}$$

$$n = \lambda' + \mu' y + \frac{\lambda'' - \lambda' + (\mu'' - \mu')\, y}{\lambda + \mu y}\, x$$

$$n_1 = y - \frac{\mu}{3} \frac{\lambda(\mu'' - \mu') - \mu(\lambda'' - \lambda')}{(\lambda + \mu y)^3}\, x^3$$

$$t = (k - \mu')\, x - \frac{\lambda(\mu'' - \mu') - \mu(\lambda'' - \lambda')}{(\lambda + \mu y)^2} \times \frac{x^2}{2}.$$

Les formules donnant le maximum et le minimum de la compression :

$$\frac{n + n'}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{(n - n_1)^2 + 4t^2}$$

$$\frac{n + n'}{2} - \frac{1}{2}\sqrt{(n - n_1)^2 + 4t^2}$$

et le maximum de la force produisant le cisaillement

$$\frac{\sqrt{1+f^2}\sqrt{(n-n_1)^2+4t^2}-f(n+n_1)}{2}$$

seront de la sorte relativement simples, et l'approxim ainsi obtenue suffira d'autant mieux qu'il s'agit, le souvent, au moins en ce qui regarde les deux premi de déterminer seulement le mode de variation d fonctions de x.

Pour vérifier si la condition de non-soufflure au ment d'aval est réalisée, il faut faire $x = \varepsilon = \lambda$ dans l'expression de n_1, qui se réduit alors à :

$$y - \frac{\mu}{3}[\lambda(\mu'' - \mu') - \mu(\lambda'' - \lambda')].$$

Il est facile de se rendre compte du degré d'ap mation obtenu en admettant que n' et n'' sont, entre joints horizontaux, des fonctions linéaires de y.

Considérons, par exemple, n''. Son expression es

$$n'' = \frac{4\varepsilon - 6\delta}{\varepsilon} \times \frac{N}{\varepsilon},$$

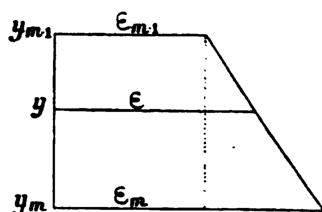


Fig. 13.

en appelant δ la distance horizontale du centre de sion au parement d'aval. Si l'on substitue des cord éléments correspondants de ce parement et de la

es pressions, on aura :

$$=\varepsilon_{m-1}+\frac{(\varepsilon_m-\varepsilon_{m-1})(y-y_{m-1})}{y_m-y_{m-1}}=\frac{\varepsilon_{m-1}y_m-\varepsilon_m y_{m-1}+(\varepsilon_m-\varepsilon_{m-1})y}{y_m-y_{m-1}}$$

$$=\frac{\delta_{m-1}y_m-\delta_m y_{m-1}+(\delta_m-\delta_{m-1})y}{y_m-y_{m-1}}$$

$$\frac{-6\delta}{\varepsilon}=$$

$$\frac{\varepsilon_{m-1}y_m-\varepsilon_m y_{m-1}+(\varepsilon_m-\varepsilon_{m-1})y]-6[\delta_{m-1}y_m-\delta_m y_{m-1}+(\delta_m-\delta_{m-1})y]}{\varepsilon_{m-1}y_m-\varepsilon_m y_{m-1}+(\varepsilon_m-\varepsilon_{m-1})y}$$

$$n''_{m-1}=\frac{4\varepsilon_{m-1}-6\delta_{m-1}}{\varepsilon_{m-1}}\times\frac{N_{m-1}}{\varepsilon_{m-1}};\quad n''_m=\frac{4\varepsilon_m-6\delta_m}{\varepsilon_m}\times\frac{N_m}{\varepsilon_m}.$$

où

$$\frac{4\varepsilon-6\delta}{\varepsilon}=\frac{(y_m-y)\,n''_{m-1}\frac{\varepsilon^2_{m-1}}{N_{m-1}}-(y_{m-1}-y)\,n''_m\frac{\varepsilon^2_m}{N_m}}{\varepsilon_{m-1}y_m-\varepsilon_m y_{m-1}+(\varepsilon_m-\varepsilon_{m-1})y}$$

$$=\frac{(y_m-y)\,n''_{m-1}-(y_{m-1}-y)\,n''_m\frac{\varepsilon^2_m N_{m-1}}{\varepsilon^2_{m-1}N_m}}{y_m-y_{m-1}+\frac{\varepsilon_m-\varepsilon_{m-1}}{\varepsilon_{m-1}}(y-y_{m-1})}\times\frac{\varepsilon_{m-1}}{N_{m-1}}.$$

$$(1)\quad n''=\frac{(y_m-y)n''_{m-1}-(y_{m-1}-y)\,n''_m\frac{\varepsilon^2_m N_{m-1}}{\varepsilon^2_{m-1}N_m}}{y_m-y_{m-1}+\frac{\varepsilon_m-\varepsilon_{m-1}}{\varepsilon_{m-1}}(y-y_{m-1})}\times\frac{\varepsilon_{m-1}N}{\varepsilon N_{m-1}}.$$

L'expression approximative de n'' est :

$$n''=\lambda''+\mu''y=\frac{n''_{m-1}y_m-n''_m y_{m-1}+(n''_m-n''_{m-1})y}{y_m-y_{m-1}}$$

$$=\frac{(y_m-y)\,n''_{m-1}-(y_{m-1}-y)\,n''_m}{y_m-y_{m-1}}.$$

Au dénominateur de l'expression (1), $\frac{(\varepsilon_m-\varepsilon_{m-1})(y-y_{m-1})}{\varepsilon_{m-1}}$
t du second ordre par rapport à y_m-y_{m-1} si les joints
nt suffisamment nombreux et peut, par suite, être
gligé dans un calcul approximatif.

N variant dans le même sens que ε, les facteurs

N° 26

EXPÉRIENCES

SUR

UN JOINT FLEXI

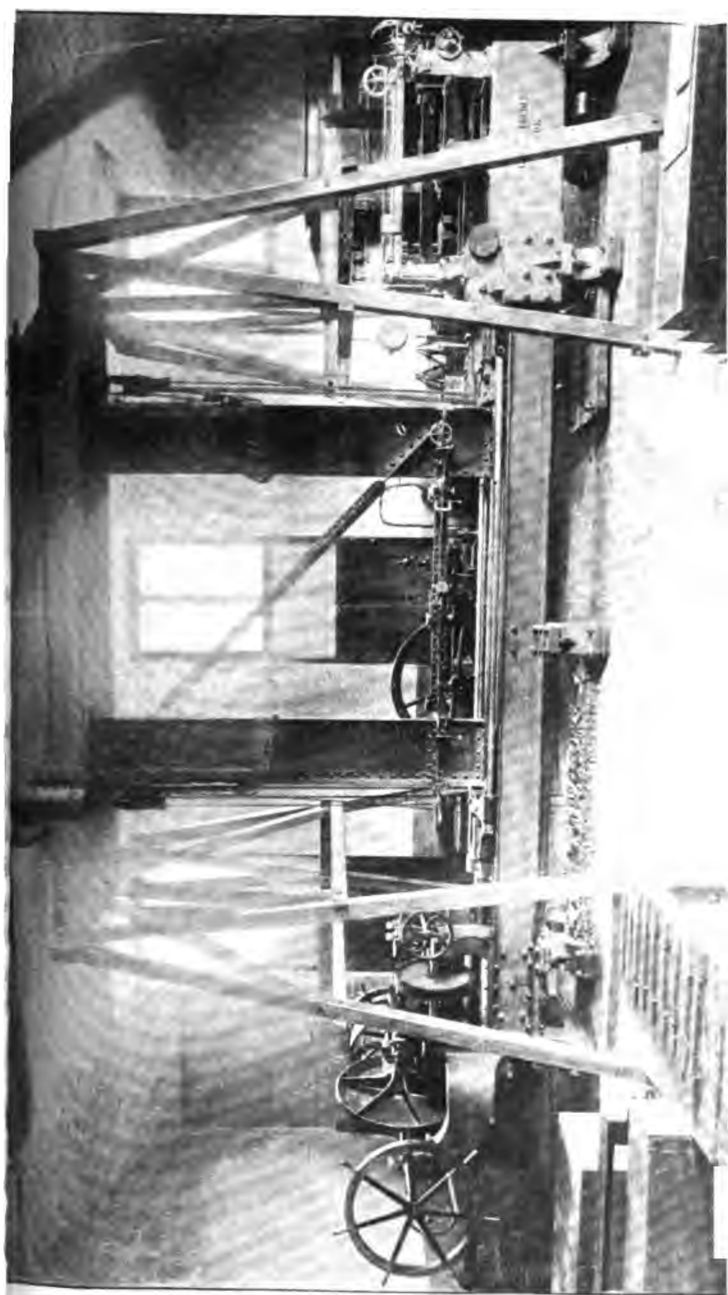
POUR CHARPENTES MÉTALLIQUES RIVÉES ET APPLICA

NOTE

De M. MESNAGER, Ingénieur des Ponts et Chauss

Objet de la présente note. — Dans une étude p
Annales des Ponts et Chaussées en 1896 (2ᵉ
p. 750), nous avons indiqué une disposition d'a
propre à réduire à une valeur négligeable l
secondaires qui se produisent dans les treillis à
rivées. L'articulation américaine, outre ses incon
connus, ne détruit pas ces efforts. Le calcul indiqu
frottement doit souvent suffire à lui faire prod
efforts secondaires voisins de ceux que donnent le
blages rigides.

L'avantage d'une articulation d'un fonctionne
est indiscutable. Des mesures directes, faites a
des appareils Rabut, sur un grand nombre d'e
exécutés sur les chemins de fer français, ont m
les efforts secondaires dépassent fréquemment 25
des efforts principaux. Il résulte également d'ex



que, dans les ponts hollandais en fer calculés pour une fatigue théorique de $6^{kg},5$, la fatigue réelle peut monter jusqu'à $12^{kg},5$ (VIERENDEEL, *Longerons à arcades*).

Ce n'est, croyons-nous, que par l'emploi d'une articulation sans frottement appréciable, qu'on pourra faire concorder suffisamment le calcul des ponts en treillis avec l'expérience pour pouvoir plus tard réaliser des économies sérieuses en abaissant les coefficients dits de sécurité sans rien sacrifier de celle-ci.

Si l'emploi d'une tôle flexible ne soulève aucune objection pour la jonction des pièces tendues, il a paru téméraire à quelques ingénieurs, malgré les indications favorables du calcul, de faire supporter à un semblable joint des compressions notables. Pour dissiper ces appréhensions, il fallait recourir à l'expérience. Dans ce but, nous avons fait exécuter un panneau métallique de la plus grande dimension qu'il soit possible d'introduire dans la machine à essayer les métaux que possède le laboratoire de l'École des Ponts et Chaussées. Ce panneau, de $2^{m},900$ de hauteur sur $3^{m},540$ de longueur, ce qui correspond à peu près à un élément de poutre d'un pont de 25 mètres de portée, a été soumis à toute une série d'essais qui ont été poussés jusqu'à rupture. Les *fig.* 1, 2, 3 (Pl. p. 302 *bis*) font connaître les dimensions des éléments de ce panneau et leur disposition.

Renseignements sur les expériences. — La phototypie annexée à la présente note (p. 300 *bis*) montre comment on s'était organisé pour les expériences. Un tréteau en bois de grande dimension, sur lequel étaient frappés deux palans, permettait de soulever le panneau et de l'engager entre les mâchoires de la machine.

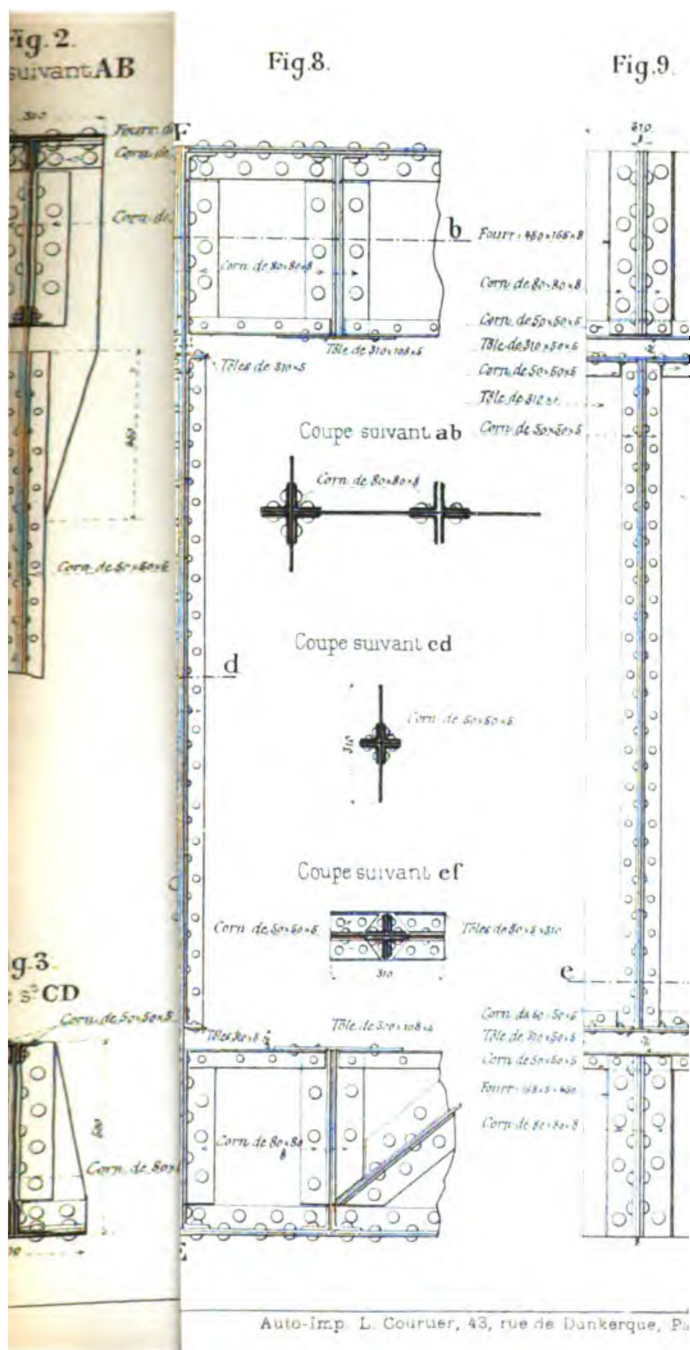
Pour permettre de déterminer exactement à quelle distance de l'axe des montants passait la résultante des pressions, nous avons utilisé deux des quatre couteaux

d'acier qui avaient servi à M. de Préaudeau pour expériences sur les pièces comprimées (*Annales*, 1er semestre, p. 528). Chaque mâchoire de la ma pressait sur un couteau horizontal ; la résultante des e extérieurs était par suite contenue dans le plan des des deux couteaux.

Dans toutes les expériences le plan de symétri panneau (plan de la *fig*. 1, p. 302 *bis*) était vertic les montants horizontaux ou à peu près. On po par un calcul des plus élémentaires, déterminer r reusement la répartition des efforts entre les tants. La diagonale n'avait à supporter d'effort a ciable que lorsque la direction de la compression oblique par rapport aux montants. Une tige recta laire en fer de 23 millimètres sur 46 millimètres, p entre le dos du couteau et le panneau, écartait c des mâchoires de la machine d'une quantité suffi pour que les têtes des rivets ne pussent porter.

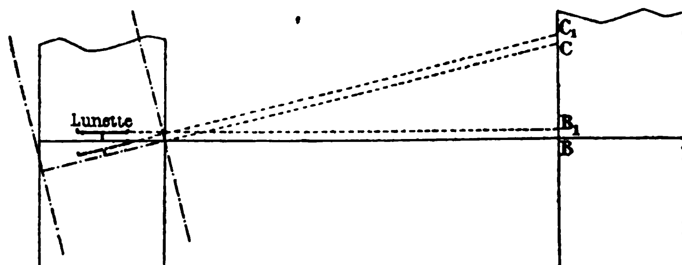
En réglant le serrage des écrous qui fixent les mâch de la machine aux tiges de traction, on pouvait, à vol provoquer ou annuler la flexion du montant en avant en arrière du plan de symétrie du panneau. Cette fle n'avait aucun intérêt dans l'espèce, puisque des mont tels que ceux que nous étudions sont fixés dans le s perpendiculaire au plan du panneau d'une manière moins aussi rigide que les montants des types ordinaires Le seul flambage à redouter est celui qui correspond à déplacement parallèle au plan de symétrie. Aussi régl on le serrage des écrous de manière à ne pas produir de flexion notable en avant ou en arrière du plan d symétrie.

Pour que l'expérience fût concluante, il était néces saire de faire agir sur le panneau des efforts de com pression assez excentrés par rapport aux montants po que la flexion des membrures donnât lieu, dans les asse


Fig. 2.
suivant AB
Fig. 3.
s.t CD
Fig. 8.
Fig. 9.
Coupe suivant ab
Coupe suivant cd
Coupe suivant ef
Corn. de 80×80×8
Corn. de 50×50×5
Tôles de 310×5
Tôle de 310×108×5
b
d
e
Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Pa

blages, à des déformations angulaires au moins égales à celles que la charge et la surcharge déterminent dans les ponts métalliques. La membrure avait été calculée en vue de subir des déformations de cet ordre.

Lors des essais, des lunettes munies de réticules étaient fixées sur les membrures, aussi près que possible du prolongement de l'axe des montants. Au moyen de ces lunettes, on visait une échelle placée sur la membrure opposée. Les moindres déformations angulaires étaient facilement appréciables par les différences de lecture $B_1C_1 = BC$, qu'elles entraînaient.



Nous avions espéré nous rendre compte de la répartition des efforts dans la partie flexible des assemblages au moyen d'appareils Rabut. Mais, d'une part, les efforts variaient trop rapidement d'un point à l'autre pour que la moyenne des efforts entre les deux points d'attache de l'appareil, moyenne qu'indiquent les chiffres lus sur le cadran, fût facile à interpréter. D'autre part, les appareils destinés à donner les efforts dans la tôle de joints près de l'axe des montants n'avaient pu être fixés directement sur cette tôle, faute de place. Il avait fallu les monter sur les nervures du montant et faire buter leur tige dans une encoche de la membrure. Dans ces conditions ils n'enregistraient les efforts que par l'intermédiaire de pièces rivées sur celles dont on voulait mesurer

la fatigue. Les glissements de la rivure faussaient complètement les lectures.

Aussi renonçons-nous, dans la présente note, à discuter les indications données par ces appareils. Construits en vue d'apprécier la fatigue d'une pièce dans laquelle les efforts ne varient pas trop brusquement d'un point à l'autre dans le sens de la longueur, ils donnent pour cet objet d'excellents résultats. Ils ne se prêtent pas à des mesures précises sur des tôles aussi courtes que celle sur laquelle nous opérions.

Les essais ont été faits d'après nos indications, et la plupart en notre présence par le personnel du laboratoire de l'école des Ponts et Chaussées, qui y a mis beaucoup de soin et de bonne volonté. M. l'Ingénieur en chef Debray, qui a signé les procès-verbaux des essais, a bien voulu nous prêter le concours de son expérience et faire exécuter, malgré la gêne qui en résultait pour l'usage ordinaire du laboratoire, toutes les installations nécessaires pour faciliter nos expériences. Il est vraiment regrettable qu'un plus grand nombre d'ingénieurs n'utilisent pas pour des recherches personnelles les ressources qu'offre le laboratoire de l'École et qui sont mises avec tant de bonne grâce à leur disposition.

Résultats. — Les principaux résultats de nos expériences sont résumés dans le tableau suivant, page 304 *bis*.

Conséquences de ces expériences. — Le flambage dans les conditions les plus défavorables s'est produit pour une pression moyenne de **14^{kg},85** par millimètre carré, la longueur de la tôle libre étant égale à 15 fois son épaisseur. Bien que ce rapport soit plus élevé que celui de la longueur à l'épaisseur des autres tôles essayées, il ne paraît pas suffire à expliquer la différence constatée. Ainsi qu'on peut s'en rendre compte sur les dessins (*fig.* 1, Pl. p. 302 *bis*), les deux premiers rivets qui tra-

BSERVATIONS	
arges voisines de 20.300 kilogrammes, après avoir	
$\frac{2\ 740}{40}$, $\quad 9,60 = \frac{23.204}{2 \times 151 \times 8}$	
tteinte le 3 décembre. On n'a laissé qu'une charge enu le lendemain à 35.300.	

. initiale de 200 mm	
pour 100	
27,3	Cassure en sifflet. Quelques pailles.
27,0	Cassure partie en sifflet, partie en forme de coupelle irrégulière, grain fin.
19,5	Cassure formée par plusieurs sifflets séparés par des lignes brillantes.

versaient l'âme étaient à une distance considérable l'un de l'autre, 285 millimètres, soit 35,8 fois l'épaisseur de la tôle. Elle n'était maintenue entre ces rivets et l'extrémité de la partie complètement libre que par la raideur des pièces juxtaposées. Celles-ci pouvaient bâiller d'une façon appréciable, sans qu'il fût nécessaire, pour obtenir ce résultat, d'employer des efforts considérables. Après flambage, l'écart de l'une des cornières formant nervure du montant, à la tôle flexible de joints, était de $1^{mm},8$.

Donc, à moins que les pièces juxtaposées à la tôle formant joint flexible ne soient très raides par elles-mêmes, il est nécessaire de les relier à travers cette tôle par des rivets aussi rapprochés que possible de l'extrémité de la partie libre.

D'autre part, l'expérience du 26 avril 1897 et celle du 16 juillet ont donné des résistances très voisines, bien que la proportion de la longueur à l'épaisseur de la partie libre fût notablement différente.

Cela tient principalement aux deux causes suivantes :

1° Nous avions remarqué, dans les expériences des deux premières séries, grâce aux indications des appareils Rabut, que les efforts se répartissaient mal dans la largeur de la section. On pouvait le prévoir, d'ailleurs.

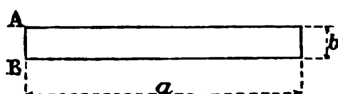
La tôle de joint flexible était en effet, dans les deux premières séries d'expériences, formée de deux pièces placées chacune d'un côté de l'âme de la membrure et chargées par leur bord. Si ce bord avait été libre, le calcul aurait indiqué un effort maximum quadruple de l'effort moyen.

La formule connue

$$\frac{P}{\Omega} + \frac{Mv}{I}$$

donne l'effort maximum supporté par une pièce de section

rectangulaire $a \times b$ chargée le long d'une des arêtes de cette section, l'arête AB par exemple.



On a :

$$M = P \times \frac{a}{2}$$

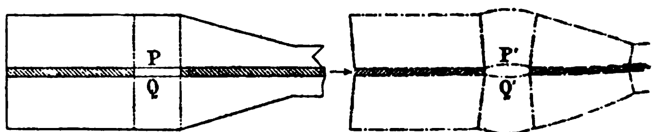
$I = \Omega r^2$, r rayon de giration ;
$\Omega = ab$ section

$r^2 = \frac{a^2}{12}$ (*Constructions métalliques*, par J. Résal, p. 111.

D'où en substituant

$$R = \frac{4P}{\Omega}.$$

Ici les deux tôles sont rivées solidement sur leur bord, celui-ci n'est pas libre. Il en résulte que la différence entre l'effort maximum et l'effort moyen est réduite. Elle subsiste néanmoins, car l'encastrement de l'un des bords n'empêche pas la distorsion de la tôle qui, de la forme indiquée ci-dessous en traits pleins, passe à la forme indiquée en pointillé mixte sous l'influence de la charge.



On peut (en admettant que le glissement ou distorsion est uniforme dans toute la partie rivée et en écrivant que la résultante passe à une distance du bord telle que la distorsion de la partie rivée soit égale à l'angle pris par la partie libre fonctionnant comme pièce chargée debout) arriver à calculer facilement la valeur de la

fatigue maxima R. Mais ce calcul présente peu d'intérêt, parce que :

a. L'hypothèse d'une distorsion uniforme n'est qu'une approximation ; il faudrait donc appliquer un coefficient de correction ;

b. Les hypothèses qui servent de base au calcul des pièces chargées par leurs abouts s'écartent sensiblement de la réalité, si les pièces ne sont pas beaucoup plus longues que larges. La théorie de la résistance des matériaux ne peut donc pas donner la solution de ce problème.

L'expérience n'a pu nous la donner complètement non plus, faute d'appareils appropriés à la dimension des pièces à essayer.

En substituant une tôle unique aux deux tôles qui formaient le joint flexible dans nos premières expériences, on devait empêcher l'effet de la flexion qui écarte les deux points P et Q et, par suite, obtenir une meilleure répartition des efforts. Cette manière de voir est d'ailleurs confirmée par les calculs et expériences citées par MM. de Saint-Venant et Flamant dans leur traduction du *Traité d'élasticité* de Clebsch et par M. Boussinesq dans « l'application des potentiels à l'étude de l'équilibre et du mouvement des solides élastiques ». De ces calculs et expériences résulte cette proposition qui constitue la base de la théorie de la résistance des matériaux :

« Quelles que soient les forces qui agissent sur un corps, à une très petite distance du point d'application de ces forces, on peut toujours considérer sans erreur appréciable, les tensions et compressions comme réparties suivant une loi linéaire sur les sections. »

Ici la loi linéaire ne peut être satisfaite que par une répartition uniforme dans la largeur de la section.

2° Nous avions observé dans la deuxième série d'expériences que la tôle de joint cessait d'être plane à une

certaine distance de l'axe, bien avant de flamber, et
la courbure s'étendait sur une assez grande longue
En raidissant transversalement la tôle de joint par
cornières à la limite de la partie flexible, on pouvait d
espérer reculer le moment où elle flamberait.

Conclusions. — La forme adoptée pour la tôle de jo
dans le panneau primitif n'était pas parfaitement satisf
sante. On peut, des faits ci-dessus sommairement ex
sés, conclure que, pour avoir la résistance maxima, il fa

1° Employer une tôle formant toute la largeur du jo
et non deux tôles juxtaposées ;

2° La raidir par des cornières transversales près de
limite de la partie libre pour bien localiser la flexion
empêcher les flambages prématurés (*fig.* 8 et 9, p. 302 *bi*

3° Avoir soin de rapprocher autant que possible de
partie flexible les rivets liant la tôle aux pièces à asse
bler.

Ces conditions étant remplies, on peut, en adoptant
proportion $\frac{1}{10}$ entre l'épaisseur et la largeur de la tôle
joint dans la partie libre, ainsi que nous l'avons déjà in
qué en 1896, admettre, comme effort limite moyen av
l'acier extra-doux, 5^{kg},5 *par millimètre carré* de la secti
du joint flexible. Cet effort est inférieur au quart de ce
qui produirait le flambage (expérience du 16 juillet 1897

$$4 \times 5{,}5 = 22 < 22{,}47.$$

Ce coefficient de sécurité 4 est celui qu'on emploie
général pour les pièces comprimées.

Cette limite nous paraît amplement suffisante. Lorsq
la tôle de joint du montant figuré par la *fig.* 9 (p. 302 *bis*) s'e
déformée brusquement en forme d'S sous la charge, el
a pris une flèche de 30 millimètres, soit égale à la moit
de sa longueur (60 millimètres). Néanmoins, d'après l

indications de la machine, le panneau supportait encore une charge de 10.900 kilogrammes, soit dans l'axe du montant $10.900 \frac{2.740+395-75}{2.740+395} = 10.639$ kilogrammes et par millimètre carré $5^{kg},72$.

Peut-être aurait-on pu encore augmenter quelque peu la charge sans modifier la déformation permanente. Nous retiendrons seulement que la tôle de joint, malgré son énorme déformation, était encore capable de supporter sans céder une charge de $5^{kg},72 > 5^{kg},5$ par millimètre carré.

En adoptant une limite fixe $5^{kg},5$, le calcul des joints flexibles est très simple et très rapide.

Il est facile de réaliser sans complication des joints satisfaisant à toutes les conditions ci-dessus. Il suffit d'employer la forme en **I**, tant pour les membrures que pour les montants et diagonaux qui constituent le treillis. On peut s'en convaincre par l'examen du projet de passerelle que nous joignons à cette note (Pl. 25).

Cette passerelle est d'une construction simple et économique, ainsi qu'il résulte de la comparaison avec une série de projets, bien que calculée rigoureusement suivant les conditions du Règlement de 1891. Toutefois elle n'est pas destinée à supporter la file de chariots les plus lourds prévue par ce règlement, car elle ne doit être accessible, d'après la disposition des lieux, que par des rampes assez fortes. Elle est calculée en vue de supporter soit la charge uniformément répartie de 300 kilogrammes par mètre carré, soit des tombereaux de 4 tonnes.

Périgueux, le 9 mars 1898.

P.-S. — Depuis que cet article a été rédigé, M. le Ministre des Travaux publics a approuvé, pour la ligne à voie de 1 mètre de Saint-Aignan à Blois, un projet de

pont de 40 mètres d'ouverture de ce système. Nous tenons, à cette occasion, à remercier publiquement les représentants de la Compagnie d'Orléans, et tout particulièrement M. l'Ingénieur en chef Sabouret, qui nous ont procuré l'occasion d'en faire une application.

Les dispositions de ce pont se rapprochent beaucoup de celles de la passerelle qui est figurée dans la planche 25. Toutefois la différence consiste :

1° Par l'emploi d'un contreventement supérieur;

2° Par la suspension des pièces de pont (celle-ci est analogue à celle que nous avions figurée dans les coupes en travers AB de la planche 44, jointe à notre étude du 2e semestre de 1896 ; la forme est seulement un peu plus simple);

3° Par l'emploi de montants et de diagonaux présentant tous une section en I, dont l'âme, à partir de 50 centimètres des tôles de joint flexible, est constituée par un léger treillis.

Nous devons ajouter que la décision ministérielle approbative a prescrit de limiter à 5 kilogrammes par millimètre carré la fatigue dans les joints flexibles comprimés et a appelé l'attention sur l'intérêt qu'il y aurait à adopter un système de suspension, pour les pièces de pont aux montants des maîtresses poutres, permettant les oscillations aussi bien dans le sens longitudinal que dans le sens transversal.

19 juin 1898.

CHRONIQUE.

N° 27

NOTES (*)

SUR LA

CONSTRUCTION DU PONT ALEXANDRE III

Par MM. RÉSAL, Ingénieur en chef,
Et ALBY, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

PREMIÈRE PARTIE (*suite*).

IV (**). — Maçonneries au-dessus du niveau des massifs de fondation.

Les maçonneries autres que celles des massifs des culées proprement dites ont été l'objet d'études faites en commun avec les architectes chargés de la décoration de l'ouvrage. Les dispositions n'ont pu être arrêtées que plusieurs mois après le commencement des travaux de ces massifs ; elles ont été comprises dans un projet complémentaire dont l'exécution a été confiée aux entrepreneurs des fondations par voie d'extension d'entreprise.

On a toutefois laissé au dehors la partie supérieure des grands motifs décoratifs dans lesquels la sculpture joue un

(*) Voir la première note, 1er *trimestre* 1898, p. 165.

(**) Voir les planches 4, 5, 6, 1er trimestre, qui seront complétées ultérieurement par des planches de détail.

rôle prépondérant, l'exécution de ces maçonneries devait être faite directement par les soins du service d'architecture.

Les différents ouvrages qui ont été compris dans le projet complémentaire des maçonneries du pont Alexandre III sont :

1° Le mur de fond qui borde du côté des terres la tranchée couverte donnant passage aux déviations provisoires des voies publiques ;

2° Le mur du quai en prolongement de l'alignement des murs de quais démolis ;

3° Les quatre massifs de soubassement des grands motifs décoratifs formant corps avec les murs de l'escalier et la voûte de tête du passage sur bas-port ;

4° Les deux murs à arcades reliant sur chaque culée les massifs de soubassement des motifs amont et aval ;

5° Les amorces des murs de bas-port de chaque côté des culées du pont Alexandre III.

Mur de fond. — Ce mur ne présente aucune particularité saillante, sa fondation seule mérite une mention.

L'aplomb du mur du côté rivière, correspondant à peu près à la face du caisson côté terre, la fondation du mur se trouve précisément au-dessus des parties de terrains dans lesquelles la descente du caisson a provoqué des crevasses. On a dû se préoccuper d'abord de boucher ces crevasses et de raffermir le sol : à cet effet on a commencé par combler tous les trous béants le long des parois du caisson au moyen de sable et on a battu, à quelques centimètres de ces parois, de petits pilots taillés dans les bois des anciens pieux retirés des fouilles ; ce battage avait pour but de damer énergiquement la surface et de faire descendre le sable au fond des crevasses. On a ensuite battu en arrière de la face de chacun des caissons deux files de pieux qui ont été poussés jusqu'à un niveau voisin

de celui du fond des caissons. Le battage de ces pieux avait pour but principal de resserrer le terrain, de boucher les fissures qui n'avaient pu être comblées par le sable et d'établir un contact complet entre les terrains et le caisson de manière à rendre effective la butée des terres.

Les parties du mur situées en amont et en aval des massifs des caissons doivent reposer sur un sol assis et protégé du côté rivière par l'amorce du mur de quai dont la partie supérieure seule a été dérasée; en conséquence, elles ont été fondées simplement sur le sol naturel à $0^{m},50$ au-dessous du niveau de la retenue, c'est-à-dire à la cote (26,50) du Nivellement général de la France.

Mur de quai. — Le mur de quai est porté tout entier soit par les maçonneries du caisson, soit par les fondations des anciens murs de quai en dehors du caisson.

Au-dessus du caisson il est percé de sept ouvertures formant arcades et destinées à donner du jour et de l'air dans la tranchée couverte de la déviation des voies publiques.

En dehors du caisson, il forme mur de fond au droit des escaliers et apparaît ainsi dans l'élévation générale de l'ouvrage ; cette partie vue est en pierre de taille de Souppes, elle se termine par une chaîne d'angle à bossages qui borde la baie d'ouverture de la tranchée. Une chaine de même nature encadre la baie du côté opposé.

L'ouverture de la baie entre les deux chaînes est de 26 mètres; elle affecte la forme d'un rectangle et sera masquée pendant la durée de l'Exposition par la grille de clôture sur les déviations de la voie publique.

Après l'Exposition, cette large baie sera fermée et on ne laissera subsister qu'une ouverture de 4 mètres, formant porte cintrée entre deux chaînes de pierres de taille.

Dispositions générales des massifs de soubassement d grands motifs décoratifs. — Les motifs décoratifs q encadrent l'entrée du pont affectent en plan la for d'un carré avec des colonnes engagées aux angles; l directions des côtés de ce carré sont parallèles ou no males à celles de l'axe de la rivière; elles sont, par suit obliques par rapport à l'axe du pont. Cette disposition entraîné nécessairement une dissymétrie entre les d positions du plan à l'amont et à l'aval de chacune de culées.

On a supposé que de chaque côté du pont les murs quai s'élargissaient en terrasse jusqu'au droit du passa ménagé sur le bas-port. Le tablier métallique pénè dans le quai à partir du mur qui borde ce passage, tout conservant sa direction; mais les maçonneries so redressées; les parties extérieures visibles des maçonne ries situées entre la rive et l'axe longitudinal du mur so symétriques par rapport au plan normal à la direction cet axe passant en son milieu. Les maçonneries placées avant de cet axe, et qui comprennent uniquement l voûtes de tête du passage sur le bas-port, sont au co traire construites parallèlement à la direction de l'axe pont.

Les différents éléments des maçonneries intérieures arrière du passage du bas-port ont été disposés av leurs faces normales ou parallèles à la direction d quais; mais, comme on a tenu à conserver aux poutres viaduc la direction générale des fermes du pont, l points d'appui de ces poutres ont été placés dans prolongement de ces fermes, de même que l'axe d arcades; il en est résulté un chevauchement des murs arcades et des inégalités dans les longueurs des racco dements, inégalités dont l'œil jugera vraisemblableme assez peu dans la demi-lumière d'un sous-sol coupé par très nombreux piliers et arceaux.

Soubassements des parties décoratives. — Les soubassements de la partie décorative comprennent à chaque angle du pont d'abord le socle carré qui supporte le grand motif à colonnes, ensuite le mur de face de l'escalier relié audit socle par une arcade percée dans un mur en quart de cercle, enfin l'arceau de tête du passage sur bas-port dont le pilier du côté rivière comporte un motif de décoration faisant face à la rivière.

Tous les parements de ces éléments du côté extérieur au pont sont, jusques et y compris la corniche, en pierre de taille granitique, de même provenance que celles qui forment le parement de la culée.

Des bossages à profil elliptique et semblables à ceux des chaînes du mur de quai courent tout le long de ce parement.

La porte en tour ronde comporte une grande voussure en coquille.

Le grand motif à colonnes se projetant en plan partiellement sur le caisson, partiellement en dehors, on a dû établir en dehors de chaque caisson des massifs de fondation dont la stabilité fût comparable à celle du caisson lui-même. A cet effet on a battu des pieux en bois de pitchpin dont le nombre et les conditions principales de battage sont résumés au tableau suivant :

	NOMBRE de PIEUX	ÉQUARRISSAGE	REFUS sur la dernière volée de 10 coups	COTE de la pointe du sabot	POIDS du MOUTON
			millimètres		
Massif du soubassement. Amont rive droite......	51	30/30	20 à 30	(18,85) à (21,83) (19,74) en moyenne	1.200
Massif de soubassement. Aval rive droite..........	58	30/30	20 à 30	(19,75) à (21,67) (20,57) en moyenne	1.200
Massif du soubassement. Amont rive gauche.....	71	30/30	10 à 30	(20,10) à (21,30) (20,57) en moyenne	1.200
Massif du soubassement. Aval rive gauche.........	64	30/30	10 à 20	(19,00) à (20,70) (19,51) en moyenne	1.200

D'autre part, l'évaluation du poids des motifs déco[...] donne au total une charge de 1.600 à 1.700 tonnes.

La charge des pieux peut atteindre environ 32 to[...] sur la rive droite et 26 sur la rive gauche, en la su[...] sant entièrement supportée par les pieux. Le travail [...] bois correspondants serait de 35 kilogrammes par ce[...] mètre carré dans un cas et de 29 dans l'autre.

Bien que la stabilité des grands motifs paraisse ass[...] dans de bonnes conditions, il y a lieu de prévoir qu[...] tassement des maçonneries portées par les pilotis [...] sera pas identique à celui des maçonneries port[...] par le caisson, et ces inégalités de tassements pourrai[...] déterminer des fissurations dans les pierres de taille. P[...] les éviter, le soubassement des grands motifs ne sera r[...] au pylone qu'après l'achèvement des maçonneries en [...] vation. A cet effet, à $1^{m},50$ au-dessus du nu de la ca[...] les maçonneries du soubassement seront construites [...] encorbellement du côté du caisson et supportées pro[...]

rement par des étais avec des calages permettant de suivre le mouvement d'abaissement des motifs, s'il s'en produit. L'encorbellement doit avoir une saillie suffisante pour que l'implantation des motifs puisse se faire au-dessus du niveau de la corniche.

Les escaliers ne présentent aucun détail particulier; le mur de fond est fondé sur arcades et massifs de pieux isolés, les marches sont portées par deux arcs dont les retombées correspondent à ces massifs de pieux.

Les soubassements des grands motifs sont reliés au mur de quai par des voûtes en plein cintre d'inégale longueur; ces voûtes établissent la communication entre la porte à voussure et le sous-sol du viaduc.

Murs à arcades. — Ces soubassements sont également reliés entre eux par des murs à arcades supportant les poutres droites qui forment l'ossature du tablier du viaduc.

Les dispositions générales de ces murs à arcades ont été indiquées plus haut. Le mur en façade sur le passage sur bas-port est entièrement appareillé en pierre de taille de Souppes avec refonds et bossages du côté extérieur. Après l'Exposition, les arcades de ce mur seront fermées par des grilles, le sous-sol du viaduc ne pouvant, pour un motif de sécurité, être laissé à l'usage du public.

Les parements de ces murs du côté intérieur ont été traités simplement avec angles et têtes de voûtes en pierre de Souppes, remplissages en moellons piqués ou en mosaïque.

La construction de ces murs à arcades est rejetée à la fin des travaux pour un double motif: en premier lieu, le raccord de ces murs avec les soubassements ne peut être fait qu'après l'établissement de la liaison de ces massifs avec le corps de la culée; en second lieu, la présence de ces murs entraverait la manutention des pièces destinées aux arcs métalliques.

Il en est de même de l'arceau de tête du passage viaduc et du massif qui contrebute cet arceau du c rivière reposant en partie sur la culée, en partie sur mur du bas-port.

Mur du bas-port. — La décoration de ce massif du c de la rivière consiste en un dauphin taillé dans la pie granitique et formant saillie sur les bossages. Ce motif sculpture appelle un socle qui se distingue aussi bien mur du bas-port que du massif de la culée ; ce socle co prend une base cylindrique demi-circulaire surmon d'un fût avec bandeau de couronnement.

La base de ce socle plonge dans l'eau et se déta ensaillie sur un élément de mur vertical légèrement retraite sur l'alignement général de la crête du mur bas-port.

Le bandeau du socle se prolonge au-dessus de cet ment jusqu'au droit d'une chaine d'angle à bossages qu raccorde avec le profil normal à fruit du mur de quai.

Au-dessus de cette chaine d'angle, le bandeau de c ronnement s'arrête et supporte un pieux d'amarrage fonte décorée.

La partie monumentale se trouve ainsi liée gradue ment avec les murs de bas-ports voisins.

Le parement de la partie verticale du mur, de même la chaine d'angle, doivent être en pierre de taille gr tique ; à partir de la chaine d'angle le profil du mur dev conforme au type courant.

La fondation des amorces des murs de bas-port pouvait guère être faite au moyen de batardeaux, à ca de la proximité du grand caisson. On n'a pas estimé q y eût lieu de recourir à l'air comprimé, à cause du r très secondaire au point de vue de la résistance, que amorces sont appelées à jouer.

On a simplement battu des pieux de pitchpin ; on le

recepés sous l'eau à la cote (23,80) ou à la cote (24,50) du Nivellement général de la France. Autour de ces pieux a été battue une enceinte en pieux et palplanches de sapin.

Dans cette enceinte on a coulé sous l'eau du béton d'abord jusqu'à la cote (23,80) du Nivellement général de la France, puis jusqu'à la cote de la première assise de pierre de taille, soit la cote (25,50) du Nivellement général.

Pendant la période annuelle d'abaissement du plan d'eau les premières assises de pierres de taille seront posées à l'aide de faibles épuisements.

De la cote (23,80) à la cote (25,50) le mur est entièrement en béton. Afin d'éviter la dégradation des parements, le béton a été protégé au moyen de panneaux de tôle.

Ces panneaux ont servi à plusieurs fins : ils ont d'abord servi à mouler la masse de béton suivant le profil à réaliser ; ils ont ensuite contribué à former une enceinte de batardeau pendant la dernière période du travail, grâce à un élément mobile qui a été boulonné au-dessus de la cornière du panneau fixe le plus élevé et retiré après la fin du travail.

La conservation des fers paraissant assurée dans l'eau de Seine, le mode de fondation adopté constitue un essai dont le résultat présentera un certain intérêt.

NOTE ANNEXE N° III.

Stabilité du caisson.

Le poids du caisson est d'environ 330 tonnes, soit, pour 1.474 mètres carrés de surface, 224 kilogrammes par mètre.

Le poids total du caisson se décompose de la manière suivante :	Muraille extérieure..............	[illegible]
	Poutrellage et tôle du plafond..	[illegible]
	Sommiers intermédiaires......	[illegible]
		[illegible]

A ce poids il convient d'ajouter, pour tenir compte de toutes les charges du caisson :

Les hausses avec leurs montants et contre-fiches...	30	tonnes
Les cheminées..................................	20	
Les sas et les bétonnières......................	30	
Le plancher en bois et le matériel (245 + 15)......	260	

La charge par mètre carré de plafond comprenant, le poutrellage, la tôle de plafond, les sommiers, les cheminées, les sas et le plancher en bois, s'élève à 560 tonnes, soit à 380 kilogrammes par mètre carré, en chiffres ronds.

La charge par mètre courant de murailles s'élève à $\frac{110^{T}}{153}$, soit à 720 kilogrammes.

L'ossature du caisson comprend trois éléments qui jouent un rôle distinct :

Les murailles extérieures, le solivage du plafond, les sommiers intermédiaires.

Murailles extérieures. — Les murailles extérieures, au début servent à relier d'une manière rigide les différents éléments du caisson ; elles solidarisent les sommiers et les poutrelles ; leur rôle est très important pendant la période où le caisson est en porte-à-faux sur toute sa longueur.

Les murailles extérieures sont encore appelées à porter des charges considérables à la fin du travail, lorsque les maçonneries ont acquis assez de rigidité pour que les appuis intermédiaires

jouent plus qu'un rôle secondaire. Pendant la descente du isson, les murailles peuvent être appelées à résister à l'effet i frottement et des pressions latérales que le terrain peut ercer sur les parois du caisson.

Pour ces diverses raisons, elles ont été constituées d'une anière très robuste, et de façon à pouvoir résister à des efforts xerçant dans diverses directions.

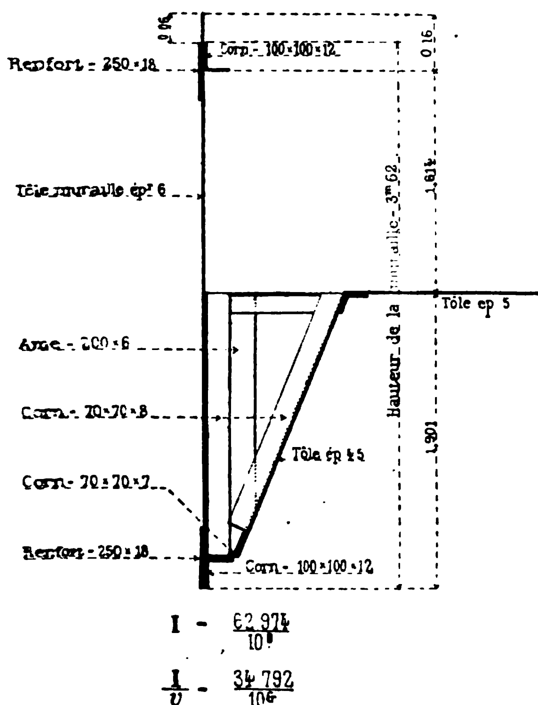


FIG. 1.

Dans le sens vertical elles ont présenté une hauteur de 3m,62 ec deux plates-bandes de renfort.

La section de métal par mètre courant de couteau est de .000 millimètres carrés. Au-dessus de la cornière du couteau, section du métal se réduit à 12.668 millimètres carrés. Mais faut ajouter à cette surface celle du béton, qui n'est pas inférieure, à 1.000 centimètres carrés.

L'effort vertical qui peut être transmis par la muraille pe atteindre sans inconvénient 200 tonnes par mètre courant, s plus de 500 kilogrammes par centimètre carré d'appui de coute

Dans le sens transversal, les murailles étaient raidies par d cadres rigides au droit des contre-fiches et des montants et sur tout par le béton coulé dans les contre-fiches.

Enfin, grâce aux renforts placés à la partie supérieure, muraille peut subir sans inconvénient un moment de flexion 700.000 kilogrammes correspondant à une charge de plus 2.500 kilogrammes par mètre courant pour une portée de 44 mètre

Poutrellage. — Le solivage du plafond est constitué uniform ment par des poutres de $1^m,61$ de hauteur hors cornières do la section est représentée par croquis ci-contre, à laquelle corres pondent les valeurs suivantes de et $\frac{I}{r}$:

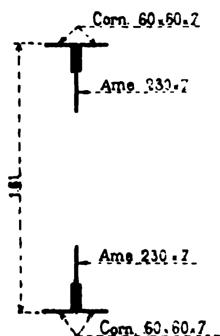


Fig. 2.

$$I = \frac{3.463}{10^6}, \qquad \frac{I}{r} = \frac{4.329}{10^6}.$$

Le solivage du plafond joue rôle essentiel au moment de la mi en place de la première couche béton. Lorsque cette couche a prise, le solivage et la couche béton constituent un système nou veau dont les conditions de rési tance sont supérieures à celles du plafond.

La charge sur le plafond a passé par un maximum au mome de la fin du lestage, avant l'envoi de l'air comprimé, c'est-à-d à peu près à la fin de la pose de la première couche de béton.

C'est donc à ce moment qu'il est intéressant d'examiner conditions de résistance du plafond.

L'épaisseur de la couche de béton étant de $0^m,50$, et son poi spécifique, fers compris, étant de 2.300 kilogrammes, la char par mètre courant de poutre est de :

$$2.300 \times 1,20 \times 0,50, \quad \text{soit } 1.380 \text{ kilogrammes.}$$

En supposant tous les points d'appui de niveau et les extrém encastrées, on trouverait pour valeur du moment de flexi

maximum, l étant la largeur d'une chambre intermédiaire,

$$M = \frac{1}{12} l^2 \, 1.380, \qquad \text{soit} \qquad M = 10.598\,;$$

le travail du métal correspondant serait $2^{kg},4$ par millimètre carré, et la flèche élastique au milieu de la portée serait $\frac{1}{384} l^4 \frac{1.380}{EI}$, soit 0,0005 en prenant pour E la valeur 16×10^9 qui convient à une ossature métallique médiocrement assemblée.

Ce cas n'aurait pu se présenter que temporairement grâce à un réglage minutieux ou accidentellement.

En réalité, l'encastrement n'existe pas aux extrémités, et on peut considérer qu'on a eu affaire à une poutre reposant librement sur ses appuis extrêmes et soulagée en plusieurs points intermédiaires.

Pour une poutre de 44 mètres reposant sur ses deux extrémités et portant uniformément une charge de 1.380 kilogrammes par mètre courant, on aurait comme valeur du moment fléchissant au milieu :

$$\frac{1}{8} \overline{44}^2 \, 1.380, \qquad \text{soit} \qquad 333.960.$$

Avec les sections qui ont été données aux poutres, le travail du métal serait de 77 kilogrammes par millimètre carré, la flèche de $1^m,21$. Il y aurait donc eu rupture sans les points d'appui intermédiaires.

Les réactions exercées par ces points au droit des sommiers ont eu pour effet de réduire dans une proportion considérable les moments et les flèches.

Il n'est pas possible de faire, au sujet de la valeur de ces réactions, des hypothèses exactes, car ces réactions ont varié constamment ; il serait oiseux d'entrer dans des calculs longs et compliqués pour étudier leurs variations ; au surplus, ces calculs seraient dépourvus de tout intérêt pratique.

En effet, la réaction des appuis s'exerçant en sens inverse des charges et en réduisant l'effet, on voit qu'il suffisait de ramener les charges par mètre et les moments de flexion au quart pour rentrer dans des chiffres ne compromettant pas la stabilité du caisson. Or la flèche correspondante aurait été de 0,30 au milieu du caisson. Au point de vue pratique, on était donc assuré que la stabilité du poutrellage n'était pas compromise tant que la flèche n'atteignait pas un chiffre voisin de 0,30.

On a réuni dans le tableau (page 324 *bis*) les flèches observées sur le caisson aux divers jours de la période correspondant à la fin de la première couche de béton et à l'envoi de l'air comprimé dans le caisson.

On a relevé les flèches sur la paroi côté terre et au milieu. On a également indiqué la flèche prise pendant la dernière partie du travail sur le caisson de rive gauche.

L'examen de ces résultats fait ressortir que l'on est resté bien au-dessous des flèches qui auraient pu donner de l'inquiétude. D'ailleurs, aussitôt que la sous-pression a commencé à agir et qu'il a été possible de surveiller les points d'appui, les flexions ont diminué dans une forte proportion, et elles n'ont repris des valeurs appréciables qu'à la fin des travaux, alors que les poids de maçonneries étaient considérables.

A ce moment, d'ailleurs, la résistance des maçonneries intervenait.

L'ensemble du béton et des poutrelles constituait un élément dont la résistance était bien supérieure à celle des poutrelles seules.

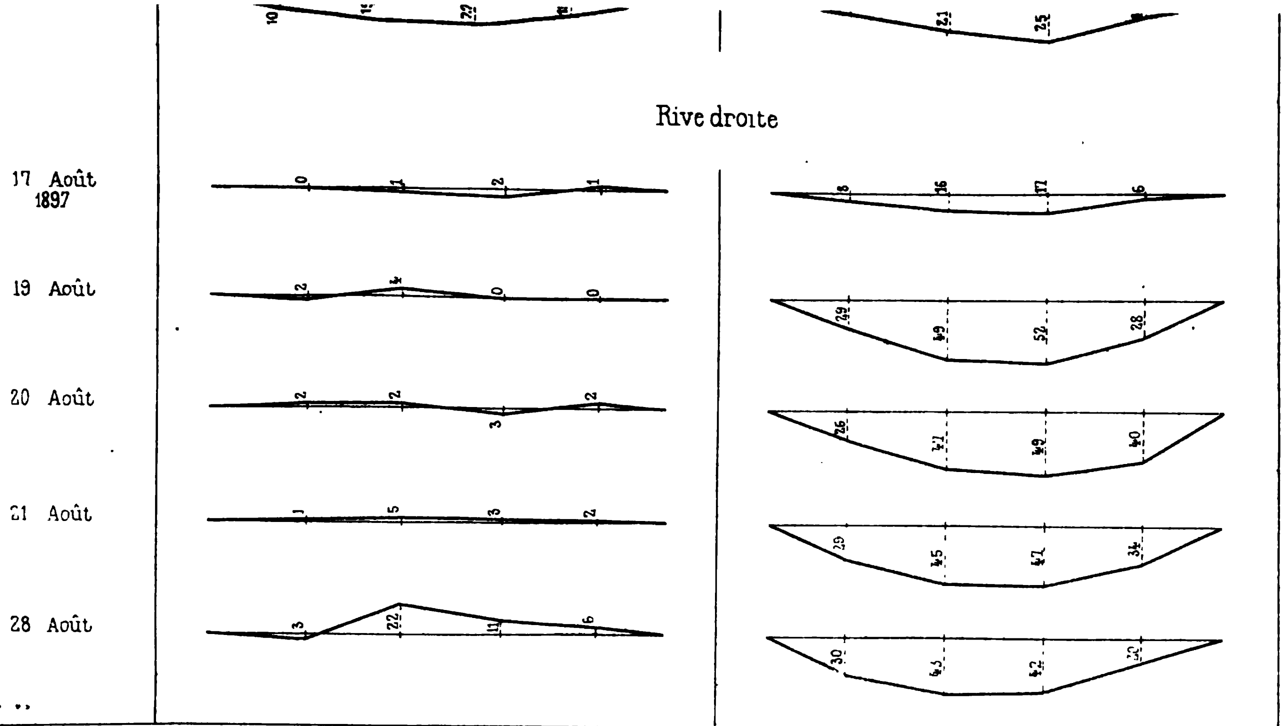
Ainsi l'élément de $1^m,20$ de largeur et de $1^m,61$ de hauteur donne :

$$I = \frac{1}{12} 1,20. \overline{1.61}^3 = 0,4173281$$

$$\frac{I}{v} = 0.51842.$$

En supposant que le béton puisse résister à 30 kilogrammes par centimètre carré à la compression, le moment de flexion que l'ensemble pouvait supporter était égal à $300.000 \times 0,51842$, soit à 155.526, sans qu'il y eût, d'ailleurs, danger de rupture, l'effort à la traction étant supporté en partie par la membrure métallique. On a vu plus haut que le moment de flexion, qu'il n'était pas prudent de dépasser sur les poutrelles seules, était environ moitié moindre.

La présence à la partie inférieure des maçonneries des poutrelles en fer et de la tôle du plafond augmentait la résistance à la traction de cette partie des maçonneries; cette circonstance a fixé une des règles pratiques de la conduite du travail. Cette règle a consisté à éviter systématiquement les contre-flèches, dont la présence aurait correspondu à un travail de traction prédominant dans la partie supérieure des maçonneries qui étaient, en raison de l'absence de liens métalliques et de la date



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

plus récente de leur construction, les moins aptes à supporter un effort de cette nature.

Sommiers intermédiaires. — Les sommiers intermédiaires ont eu pour rôle de transmettre et de répartir sur le poutrellage les effets de réaction du sol.

Les parties extrêmes étaient à paroi pleine, et l'épaisseur de la tôle était de 7 millimètres; dans la partie centrale, la poutre était à treillis; les montants verticaux formés par quatre cornières étaient espacés de $1^m,20$ environ, comme les poutrelles situées au dessus; en outre, à chaque montant correspondaient deux contre-fiches; l'ensemble des sections horizontales utiles de ces fers donnait 12.865 millimètres carrés par mètre courant de poutre vers l'extrémité, et 9.000 au milieu.

D'autre part, la surface d'appui sur le sol était de $0^m,207$ par mètre courant, soit de 2.070 centimètres carrés. La réaction du sol atteignait 2.070 kilogrammes par mètre courant de sommiers par kilogramme de pression par centimètre carré.

Les sommiers étaient donc en état de transmettre au sol une pression qui aurait pu atteindre sans inconvénient $\frac{20 \times 12.865}{2.070}$ aux extrémités et $\frac{20 \times 9.000}{2.070}$ vers le centre par centimètre carré, soit 124 kilogrammes vers les extrémités, et 87 vers le centre. Le rocher en place seul peut supporter des pressions de cette importance, aussi était-on assuré de voir les sommiers traverser les sols les plus durs, sans inconvénient pour leur résistance propre, lorsque le caisson était assis régulièrement sur le fond et que la flexion de ces pièces n'entrait en jeu que faiblement. Dans la plupart des couches légèrement compressibles qui ont été traversées, la semelle inférieure pénétrait sans difficulté, déterminant dans ces terrains une compression qui relevait progressivement la réaction du sol, de telle sorte que l'équilibre tendait à s'établir sans que les efforts développés en un point de l'ossature prissent une valeur importante; c'est ce que l'observation des flèches des pièces métalliques permettait de constater.

C'est également au début, pendant la période d'extraction des déblais par voie de dragages, alors que la muraille du caisson du côté rivière était en porte-à-faux, que les sommiers ont eu à supporter les efforts de flexion les plus importants.

On a étudié graphiquement la flexion des sommiers pendant cette période, en considérant la situation des charges respective-

ment aux dates des 10, 11, 12, 13 janvier 1898, sur le caisson de rive gauche. Les valeurs de $\frac{I}{v}$ et du facteur EI calculé avec le coefficient 18×10^9 pour E sont indiquées sur la figure ci-dessous.

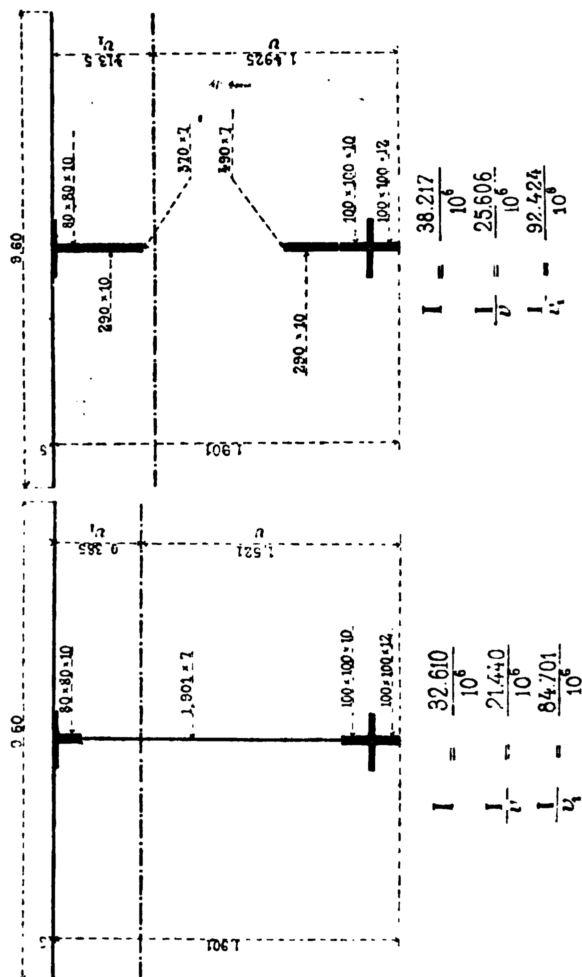


FIG. 3.

L'extrémité du sommier est supposée en porte-à-faux de $3^m,30$; le sommier reçoit sur 30 mètres la réaction du sol. Les charges

sont représentées par une série de poids isolés figurés sur les épures de la planche 26.

Les poids I appliqués à $0^m,30$ de l'extrémité représentent :

1° Le poids de la muraille extérieure évaluée à 720 kilogrammes par mètre courant sur $9^m,60$......	6.900 kg.
2° Le poids du béton des contre-fiches sur $9^m,60$..	21.100
Ensemble.........	28.000 kg.

Les poids II appliqués à $0^m,65$ de la paroi du côté du porte-à-faux représentent la charge des fers et planchers qui constituent l'ossature du caisson, à raison de 380 kilogrammes par mètre carré pour $9^m,60$ de largeur correspondant à $1^m,30$ de longueur de poutre, soit 4.745 kilogrammes.

Les poids III représentent les mêmes charges pour des largeurs de 2 mètres des sommiers, soit 7.300 kilogrammes.

L'ensemble de ces poids forme un total de 177.545 kilogrammes supportés par un sommier avant le commencement de la première couche de béton.

Lorsqu'on bétonne, on pose une couche de $0^m,50$ qui représente 1.100 kilogrammes par mètre carré, soit 10.560 kilogrammes par mètre courant de sommiers; chacun des poids IV est égal à 21.120 kilogrammes qui donne, ajouté au poids III, 28.420 kilogrammes.

Pour évaluer la réaction du sol, on a assimilé la surface du sol à celle d'un corps élastique.

On a calculé dans chaque cas le point de passage de la résultante des poids, mesuré sa distance au centre de gravité de la surface réagissante et calculé la réaction du sol en chaque point par la formule

$$R = \frac{F}{\Omega} \pm \frac{M}{\frac{I}{V}}.$$

Connaissant ainsi le système des charges et le système des réactions dirigés en sens contraire, il est facile d'établir par des constructions funiculaires la valeur des moments dus à chaque système : c'est ainsi qu'on a procédé.

Des moments de flexion on a déduit les flèches également par des constructions graphiques.

Dans chaque épure on a résumé les résultats des constructions.

Première épure. — *Cas théorique.* — On a bétonné les contre-

fiches tout autour du caisson ; le sommier porte sur les 30 mètres de longueur.

DEUXIÈME ÉPURE. — Le 11 janvier, on a bétonné du côté terre. L'épure est établie dans deux hypothèses : la première est celle où la réaction s'exerce sur 30 mètres ; la seconde, celle où cette réaction s'exerce seulement sur 20 mètres, le couteau du sommier étant dégagé sur 10 mètres au milieu. On se rend compte de l'énorme différence que cette simple précaution devait produire dans la valeur des moments de flexion des sommiers.

TROISIÈME ÉPURE. — Le 12 janvier, on a bétonné de la même manière le long de la paroi du côté rivière. On s'est aperçu que les sommiers se relevaient d'une manière exagérée.

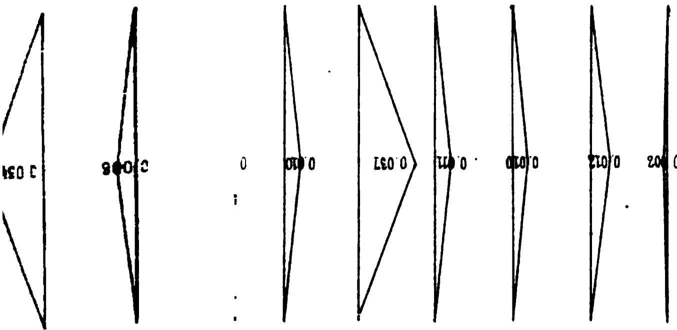
QUATRIÈME ÉPURE. — Le 15 janvier, on a bétonné jusqu'à peu près vers le milieu du caisson du côté terre. Les flèches ont diminué d'importance.

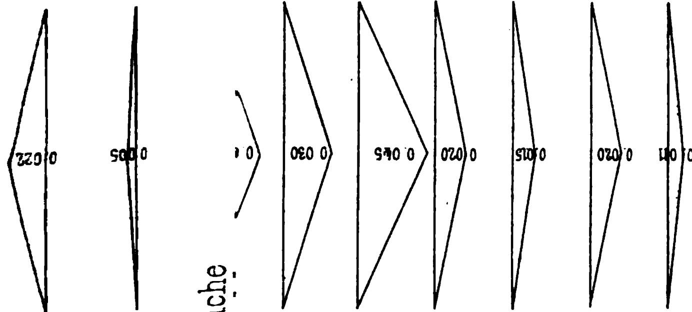
En cet état, le caisson étant suffisamment lesté, on a envoyé l'air comprimé dont la pression équilibrait exactement le poids porté par le sommier considéré. L'effet de cette sous-pression aurait dû être de relever très sensiblement le milieu des sommiers.

Dans le tableau (page 328 *bis*) on a résumé les observations les plus intéressantes de flèches recueillies tant sur la rive droite que sur la rive gauche, pour les sommiers intermédiaires.

Les flèches observées aux dates correspondant aux cas théoriques étudiés sont loin d'avoir atteint les valeurs calculées, et les variations de ces flèches ont suivi en gros, mais de loin les indications résultant de l'examen des épures.

C'est qu'en réalité les bases du calcul sont hypothétiques ; la dimension exacte des porte-à-faux, l'élasticité du sol sont autant de données mal définies sur lesquelles il a fallu mettre des chiffres pour raisonner ; mais ces études ont permis de déterminer une règle pratique qui a servi de guide dans la conduite du travail et qui a consisté à maintenir les flèches des sommiers dans des limites ne dépassant pas sensiblement 40 millimètres.





Rive gauche

N° 28

NOTES (*)

SUR LA

CONSTRUCTION DU VIADUC DU VIAUR

(LIGNE DE CARMAUX A RODEZ)

Par M. DE VOLONTAT, Ingénieur en chef
Et M. THÉRY, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Exécution et avancement des travaux (*suite*). — *Échafaudage* (*suite*). — L'échafaudage de montage de la partie du viaduc en encorbellement du côté de Carmaux a été terminé le 20 avril 1898.

Ainsi que le montrent les dessins d'ensemble de cet ouvrage auxiliaire, les cinq pylones qui le composent sont formés par un nombre variable de palées : cinq pour le premier pylone qui est le plus rapproché de la culée, quatre pour le troisième et trois pour le deuxième, le quatrième et le cinquième.

Les palées sont divisées en étages, dont la hauteur varie de 13 à 15 mètres, suivant les sujétions du passage des pièces métalliques ; elles sont toutes constituées par trois cours de poteaux montants ; l'écartement d'axe en axe des poteaux de rive est de 11^m,50 pour les dix premières palées et de 14 mètres pour les sept dernières. Les poteaux de rive sont à l'aplomb des rails des grues roulantes de montage : le changement de largeur de voie se fait sur la onzième palée (troisième palée du troisième

---

(*) Voir la première note, 1er trimestre 1898, page 215.

pylone), qui, exceptionnellement, présente cinq poteaux montants.

Les travées 2, 3, 4, 6, 8 et 9 ont été élargies à la base soit dans leur plan, soit obliquement, sur des hauteurs plus ou moins grandes, afin de faciliter le montage de la partie métallique et afin de donner à l'échafaudage une plus grande stabilité transversale. Cette stabilité a été encore augmentée par deux haubans amarrés à la partie supérieure du pylone n° 2 et ancrés dans le sol.

Dans une même palée, la liaison d'un étage au suivant est assurée, comme il a été dit, par des tirants verticaux en fer, dont le nombre a été porté de deux à quatre; les poteaux montants d'un même étage sont reliés par trois cours de moises et deux diagonales ; chaque cours de moises est continu pour les palées de 11^{m},50 de largeur et dédoublé pour les palées de 14 mètres. Les *fig.* 1 et 3 de la planche 27 montrent les dispositions de l'un et l'autre type de palée; la *fig.* 1 s'applique à la palée n° ; la *fig.* 3, à la palée n° 15.

Dans un même pylone, les palées sont reliées les unes aux autres par trois cours de moises par étage ; de plus, des diagonales triangulent sur toute la hauteur deux travées pour le premier pylone et une travée pour les quatre autres; enfin toutes les travées sont triangulées à la partie supérieure, soit par des contre-fiches, soit par des croix de Saint-André.

Les pylones sont reliés les uns aux autres par la tête seulement, à l'aide de cours de moises embrassant l'extrémité des poteaux montants et à l'aide de contre-fiches doubles.

Les diverses pièces ont reçu les équarrissages suivants :

Moises, 28 × 14 ;
Diagonales et contre-fiches, 26 × 26 ;
Poteaux montants, 28 × 28 pour l'étage supérieur de chaque palée ; 30 × 30 pour les deux suivants et pour les élargis-

ments des premières palées ; 32 × 32 pour l'étage inférieur du premier pylone et de ses élargissements ;
Semelles de séparation des étages, 30 × 25 ;
Croix de Saint-André, 28 × 14.

Les *fig.* 3 à 11 donnent les détails de quelques assemblages.

L'enture de poteaux montants (*fig.* 3 et 4), quand elle s'est trouvée nécessaire, a été constituée par deux tenons en fer de $0^m,20$ de longueur et de 25 millimètres de diamètre, s'engageant dans les abouts des poteaux coupés carrément. Quatre madriers, de dimensions variables, cloués sur les faces et serrés par deux colliers en fer, embrassent et consolident le joint.

L'assemblage des moises avec les poteaux montants et les diagonales ou les contre-fiches (*fig.* 5, 7, 8 et 10) se fait par entailles. A la rencontre des poteaux et des moises, les poteaux sont réduits à $0^m,24$ d'épaisseur ; chaque moise est entaillée de $0^m,025$, de sorte qu'une fois en place leurs joues intérieures sont uniformément distantes de $0^m,19$. A la rencontre des moises avec les diagonales ou les contre-fiches, les moises ne sont pas entaillées ; les autres pièces le sont de $0^m,035$ sur les deux faces de contact. Le serrage des moises est assuré, au droit des montants, par un boulon de 22 millimètres, qui tantôt traverse le poteau (aux extrémités d'étage), tantôt lui est tangent (moises du milieu d'étage) et au droit des pièces obliques, par un boulon également de 22 millimètres traversant la pièce. Lorsque deux pièces obliques aboutissent à l'assemblage d'un poteau montant et d'un cours de moises, le boulon du poteau est supprimé (*fig.* 5 et 7).

L'assemblage des poteaux montants avec les pièces obliques (*fig.* 5, 7, 10) se fait par embrèvement simple, sans tenon ni mortaise ; les moises du même pan de bois, entre lesquelles s'engage la pièce oblique, assurent la

solidité du joint. Dans cet assemblage on a quelquef[ois], mais rarement, arrêté la pièce oblique avant le cours [de] moises de même sens, et la solidarité des pièces est as[su]rée par un boulon de serrage (*fig.* 11).

Les *fig.* 5 et 7 donnent les assemblages au départ d[e l']étage pour les palées 1 à 10 et pour les palées 12 à [...]. La *fig.* 6 montre l'assemblage qui a dû être adopté p[our] chaque cours de moises des palées 1 à 10, en raison de [la] longueur des bois approvisionnés.

La *fig.* 8 donne l'assemblage de deux contre-fiches [à la] partie supérieure de l'échafaudage, et la *fig.* 9 montre [la] coupe transversale des moises supérieures et de la l[on]grine portant un rail de grue roulante ; cette longri[ne a] 0m,30 de largeur sur 0m,15 de tombée. Les contre-fi[ches] sont serrées par les moises à l'aide de deux boulons [de] 22 millimètres. La longrine est fixée par des boulons [de] 25 millimètres sur une fourrure de 0m,19, serrée entre [les] moises de tête par des boulons de 22 millimètres.

Organisation générale des chantiers. — L'organisat[ion] des chantiers n'est pas encore complète, surtout en [ce] qui concerne l'achèvement et l'assemblage des piè[ces] métalliques avant le montage sur place. Toutefois [les] grandes lignes sont arrêtées, les installations demand[ées] par les maçonneries et les échafaudages sont terminé[es] et l'on poursuit les installations nécessaires à l'exécuti[on] de la partie métallique du viaduc.

La planche 28 donne le plan d'ensemble des chanti[ers] avec courbes de niveau. Indépendamment des conve[n]tions passées avec les particuliers pour des passages et [des] exploitations de carrières, la société a provoqué des ar[rê]tés d'occupation temporaire pour ajouter aux terr[ains] d'emprise de la ligne des surfaces assez étendues. [Le] périmètre des emprises de la ligne est figuré avec [des] traits interrompus par des groupes de deux points :

périmètre des occupations temporaires, avec des traits interrompus par des groupes de trois points.

1° MAÇONNERIES. — La Société des Batignolles a confié l'exécution des massifs des culées à M. Duran, adjudicataire du deuxième lot de la ligne de Carmaux à Rodez, joignant les dépendances du viaduc; la Société s'est réservé la construction des arrière-culées.

Les culées ont été terminées en octobre 1897, sauf les pierres de taille supérieures; les fondations de l'arrière-culée Carmaux vont être terminées; les fouilles de l'arrière-culée Rodez sont en cours d'exécution.

La forte déclivité du terrain, qui atteint jusqu'à 50 0/0, n'a permis d'avoir à pied d'œuvre que des approvisionnements de faible importance, faits sur de petites plates-formes en remblais soutenus par des murs en pierres sèches.

Culée Carmaux. — Les matériaux de construction de la culée Carmaux arrivaient à pied d'œuvre par trois voies différentes.

Le sable, qui provenait du dépôt fait par l'Administration au fond de la vallée, traversait le Viaur dans des wagonnets dont la voie, de $0^m,50$ de largeur, était posée sur une passerelle de service de 40 mètres environ de longueur (en deux travées) et de $1^m,20$ de largeur. Mis en dépôt provisoire sur la rive gauche, le sable était repris et monté, à dos de cheval, au niveau des massifs. Un petit chemin en zigzags avait été aménagé à cet effet. Les caisses de bât qui ont servi au transport contenaient 75 litres environ chacune. Le service était fait par trois chevaux, ce qui, à raison de dix voyages par jour en moyenne, donnait un approvisionnement journalier de $2^{m3},25$ environ.

La carrière du ravin d'Arvieu (rive gauche), qui fournissait les moellons bruts, était sensiblement au même

niveau que la culée. Un chemin de 2 mètres de larg établi à flanc de coteau, entre la carrière et la cul supportait une voie de $0^m,50$ sur laquelle circulaient wagonnets traînés par des chevaux. L'approvisionnem se faisait ainsi très facilement, au fur et à mesure besoins.

La chaux, les moellons de parements et la pierre taille, préalablement mis en dépôt au lieu dit « Cabane », sur le deuxième lot de la ligne de Carmau Rodez, étaient amenés à l'aide de la voie de service 1 mètre de largeur posée pour la construction de ce l

Au début des travaux, la dernière tranchée du deuxiè lot n'étant pas terminée, les wagons venant de « Cabane » s'arrêtaient au piquet 206. Les matériaux éta alors transbordés dans des wagonnets circulant sur u voie légère de contournement, de $0^m,50$ de largeur amenés à la cote 415, à la tête d'un plan incliné, qui s vait à les descendre à pied d'œuvre.

Ce plan incliné était établi avec deux voies de $0^m,50$ largeur. Il avait une longueur de 185 mètres et rachet une différence de niveau de près de 60 mètres. Un frei tambour et à levier à main, placé en tête du plan, assur la régularité des descentes.

Une fois la tranchée terminée, la tête du plan incl fut abaissée au niveau de la plate-forme de la ligne, c' à-dire à la cote 410. Les wagons venant de « la Caban traversaient la tranchée et arrivaient en tête du plan l'aide d'une voie de rebroussement.

L'eau a été fournie par une petite source sortant niveau des massifs de la culée.

Culée Rodez. — Tous les matériaux de la culée Rode sauf la pierre de taille, ont dû être montés du fond la vallée au niveau des maçonneries.

La chaux et les moellons de parement étaient approvisionnés dans le voisinage du dépôt de sable par les che-

mins existants. Une voie de 0m,50 de largeur, à rampe moyenne de 0m,10 et présentant deux rebroussements, partait de ce point et montait à flanc de coteau jusqu'aux massifs de la culée. Elle traversait la carrière de moellons bruts, qui était desservie par un embranchement.

Aucune source n'existait sur le flanc du coteau ; l'eau a tout d'abord été prise, au moyen d'un siphon, dans un sondage supérieur qui formait réservoir ; puis on a dû aller la chercher dans le Viaur au moyen d'un tonneau en fer monté sur truc.

Arrière-culées. — Les matériaux de l'arrière-culée Carmaux sont amenés à pied d'œuvre avec des charrettes, par le chemin d'exploitation qui descend du lieu dit « la Coudenié ».

Le mode d'approvisionnement des matériaux de l'arrière-culée Rodez n'est pas encore arrêté ; cet approvisionnement sera probablement sous-traité à l'adjudicataire du lot qui joint le viaduc dans le département de l'Aveyron.

2° CHARPENTES. — Les bois arrivent bruts de la gare de Carmaux ; ils sont approvisionnés, taillés et assemblés provisoirement, sur le chantier de présentation des pièces métalliques.

Pour la construction de l'échafaudage de l'encorbellement côté Carmaux, les bois, après démontage, étaient mis en dépôt à la tête d'un plan incliné dont il va être question ci-après.

Lorsqu'on devait procéder au levage d'une palée, les bois pris au dépôt étaient descendus à l'aide d'un traîneau glissant sur les rails du plan incliné ; l'arrêt s'obtenait au moyen d'un buttoir mobile placé à hauteur convenable. Les bois arrivaient ensuite à pied d'œuvre par des sentiers transversaux ; le transport se faisait soit à l'aide de rouleaux, soit à dos d'homme, suivant les dimensions des pièces à barder.

3° Partie métallique. — Ainsi que le montrent l courbes de niveau du plan d'ensemble, le terrain est tr escarpé aux abords du viaduc. Toutefois il a été possi de trouver sur la rive gauche du Viaur, au lieu dit « Coudenié », un petit plateau suffisant pour le tracé l'épure d'ensemble de la moitié du viaduc et des épur de détail. Les contours de l'épure d'ensemble sont sui par une voie ferrée de 0m,77 de largeur; cette larg de 0m,77 est celle de toutes les voies posées par la Sociét

Le plateau se trouve à 153 mètres environ au-dess du Viaur et à 37 mètres au-dessus de la cote des rails viaduc. Il a déjà reçu, en outre des voies ferrées de se vice, les bureaux de la Société et divers magasins ateliers.

Les pièces métalliques arriveront en gare de Carma venant des ateliers de la Société à Paris, soit en é ments détachés, soit en tronçons plus ou moins impo tants; elles seront transportées par charrettes à la Co denié (19 kilomètres environ), où elles seront présenté sur l'épure, alésées, rivées partiellement et présenté de nouveau sur l'épure pour la dernière fois avant montage en place.

Les diverses manutentions des pièces seront facilité par un réseau de voies ferrées de 0m,77 de largeur.

Les pièces, prêtes à être montées, seront amenées plan incliné déjà utilisé pour la construction de l'échafa dage de l'encorbellement côté Carmaux. Ce plan incli est à deux voies de 0m,77 de largeur; il a une longue de 270 mètres et rachète une différence de niveau 88 mètres environ; la tête est à la cote 445 mètres; frein à vis assure la régularité de la descente. Les pièc de l'encorbellement côté Carmaux seront bardées da des conditions analogues à celles de l'échafaudage, le pièces du demi-arc Carmaux s'arrêteront au pied du pla incliné, ou arriveront par la partie du viaduc qui sera

jà construite ; les pièces de la moitié Rodez du viaduc ıverseront la vallée à l'aide d'un transbordeur aérien outissant au massif aval de la culée Rodez et partant n point du plan incliné de rive gauche tel que la diffé-ıce de niveau entre les deux extrémités du transbor-ur soit de 25 mètres environ.

Les premières pièces métalliques sont arrivées à pied euvre.

Albi, le 8 juin 1898.

N° 29

NOTICE

SUR

LES GRANDS PONTS DU CHEMIN DE FER D'HA

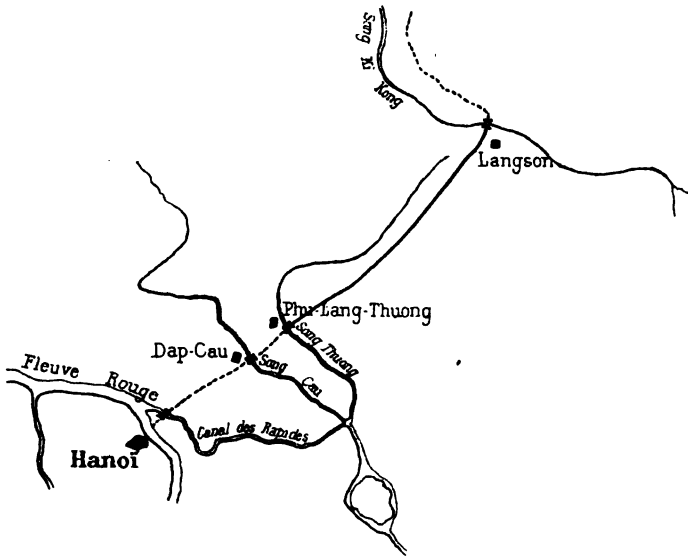
A LA FRONTIÈRE DE CHINE (*).

Le Tonkin n'était doté, jusqu'à ces dernières ann
que d'un tronçon de voie ferrée reliant Phu-Lang-Th
à Lang-Son. Ce tronçon, exécuté dans les années 189
1895 avait été conçu surtout dans un but stratégique et
comportait qu'une voie de 0m,60. En 1896, l'Administ
tion du Protectorat décida, dans un but plutôt comm
cial, afin de créer un chemin de pénétration vers la Ch
la transformation de cette ligne en voie de 1 mètre,
même temps que la construction de ses prolongeme
d'une part jusqu'à Hanoï vers le sud, d'autre part ve
nord jusqu'à la frontière de Chine où elle doit ultérie
ment se relier avec une ligne chinoise, mettant a
notre colonie en communication directe avec les provi
chinoises du Kouang-Si.

Ces travaux ont nécessité la mise en état, pour rece
une voie de 1 mètre, des anciens tabliers métallique
tronçon Phu-Lang-Thuong-Lang-Son, puis la construct
de quatre grands ponts dont l'un se trouve dans la tr

(*) Les travaux qui font l'objet de la présente notice sont exé
par MM. Schneider et Cie du Creusot, qui en ont dressé le projet,
la direction de MM. Renaud, directeur des Travaux publics de l'A
et du Tonkin, et Borreil, ingénieur colonial.

sième section de la ligne à la sortie de Lang-Son sur le Song-Ki-Kong et les trois autres dans la première section sur trois des principaux cours d'eau du Delta : Song-Thuong, Song-Cau et canal des Rapides.



L'adjudication sur concours de ces ouvrages, comprenant la partie métallique et les maçonneries, a été donnée, au mois de novembre 1896, à MM. Schneider et Cie et Charles Vézin.

Tous ces ponts sont construits pour une seule voie et formés de travées indépendantes en acier. Les trois ponts de la première section comportent, en outre, chacun une travée tournante manœuvrée à bras d'hommes et destinée à permettre en tous temps la navigation de bateaux à mâture et particulierement de canonnières fluviales.

Superstructures. — Le type des superstructures est le même pour tous les ponts : type tubulaire avec poutres à

treillis à grandes mailles et montants, contreventées hori-zontalement à la partie supérieure et à la partie infé-rieure.

La voie du chemin de fer est inférieure et posée sur traverses ; ces traverses reposent sur deux files de lon-grines métalliques supportées par des poutrelles trans-versales attachées aux poutres au droit de chaque mon-tant.

La distance des poutres, mesurée d'axe en axe, est de $4^m,500$, et leur hauteur entre semelles est de 5 mètres.

Un platelage en tôle striée règne sur toute la surface des tabliers.

Le long de chaque poutre et extérieurement à celle-ci une série de consoles à treillis supporte un trottoir en encorbellement de $1^m,30$ de largeur, constitué par des tôles ondulées galvanisées, fixées dans le sens de la longueur sur les consoles et recouvertes d'une couche de béton de gravillons et d'une chape en ciment.

Un garde-corps à treillis à mailles serrées limite ces trottoirs du côté du vide ; un autre garde-corps, fixé le long des poutres et composé uniquement de deux lisses horizontales et de montants en cornières, est destiné à empêcher le passage direct des trottoirs sur la voie.

Les travées reposent sur les maçonneries par l'inter-médiaire d'appareils d'appui en fonte avec rotule en acier forgé, les uns fixes, les autres munis de chariots de dila-tation.

Le métal employé pour les ponts est l'acier extra-doux répondant aux conditions d'essai de la Circulaire minis-térielle du 29 août 1891 ; les rivets sont également en acier, les tôles striées du platelage seules sont en fer.

Les surcharges admises pour les calculs de stabilité de ces ponts sont celles prescrites par la même circulaire pour les voies de 1 mètre, et les trottoirs peuvent sup-porter une surcharge de 250 kilogrammes par mètre carré.

Appareils de rotation. — Les appareils sont constitués ir deux couronnes en fonte circulaires parallèles, comsées de segments boulonnés et réunis par des bras à axe vertical servant de guidage. La couronne supéure est attachée aux poutres de la travée tournante, couronne inférieure repose sur un sommier circulaire pierre de taille, dans laquelle elle est fixée par un cerin nombre de boulons de scellement.

Entre ces couronnes, une série de galets en fonte troniques permet le roulement ; ils sont réunis par des as à un moyeu fou sur l'axe de centrage et maintenus les distances fixes les uns des autres.

Le mouvement est donné par deux cabestans attachés r le tablier et transmettant, par un jeu d'engrenage, les orts des hommes à une crémaillère circulaire en acier ulé fixée sur la couronne en fonte inférieure.

Le calage et le décalage des travées sont obtenus au oyen de vérins à vis situés aux extrémités des poutres. ux tampons de choc par travée permettent d'amortir choc d'une travée animée d'une trop grande vitesse.

Maçonneries. — Les maçonneries de ces ponts sont, ur toutes les piles et la plupart des culées, fondées au oyen des procédés à l'air comprimé.

Les caissons de fondations sont en fer; leur surface 'appui sur le sol a été déterminée par la condition de ne as dépasser une pression de 5 kilogrammes sur le sol ar centimètre carré.

La maçonnerie du corps des piles et culées est une açonnerie de moellons à joints incertains avec des chaîages verticaux de pierre de taille situés aux angles our les culées et au droit de chaque sommier d'appui our les piles. Un couronnement en pierre de taille terine chaque pile à la partie supérieure.

Voici les caractéristiques propres à chacun de ouvrages :

1° **Pont sur le Song-Ki-Kong à Lang-Son.** — Cet ouv a une ouverture de 90 mètres mesurée entre parem des culées et comprend deux travées de 45 mètre portée. Niveau du rail, + 99,55. La culée rive ga côté Hanoï et la pile intermédiaire sont fondées sur sons à la cote + 73,95, soit à 25^{m},600 au-dessous niveau du rail. La culée rive droite côté Nacham fondée à l'air libre par épuisements à la cote 89,95, à 9^{m},600 au-dessous du rail. Tonnage total de l'ouvr 170 tonnes.

2° **Pont sur le Song-Thuong à Phu-Lang-Thuong.** — ouvrage a une ouverture de 130 mètres entre culé comprend deux travées de 51 mètres de portée et travée tournante donnant deux passes de 10 m d'ouverture entre parements des piles. Niveau du + 7,70. Les trois piles sont fondées sur caissons cote — 8,00, soit 15^{m},70 au-dessous de ce niveau deux culées avaient été prévues fondées à l'air libre cote — 1,50, soit 9^{m},20 au-dessous du rail ; pe l'exécution, l'emploi de l'air comprimé fut reconnu lument nécessaire pour la culée rive gauche côté I Son. Tonnage total de l'ouvrage, 270^{T},5.

3° **Pont sur le Song-Cau à Dap-Cau.** — Cet ouvrage ouverture de 170 mètres entre culées et comprend travées de 47 mètres de portée et une travée tour identique à celle du pont précédent.

Niveau du rail, + 9^{m},50.

Les quatre piles sont fondées sur caissons à la — 12,70, soit 22^{m},20 au-dessous du rail. Les deux c sont fondées à l'air libre à la cote — 5 mètres.

Tonnage total de l'ouvrage, 340^{T},500.

Fig. 3.
Demi coupe transversale
(Partie courante)

Fig. 4.
Longrines courantes

4° Pont sur le canal des Rapides. — Cet ouvrage (Pl. p. 342 *bis*) a une ouverture de 225 mètres entre culées; il est biais, et son axe longitudinal fait un angle de 58° avec la direction des nus des culées; il comprend quatre travées de 43^m,800 de portée, et une travée tournante donne deux passes d'une ouverture de 20 mètres entre parements des piles.

Niveau du rail, + 11,00.

Les cinq piles et les culées sont fondées sur caissons à l'air comprimé; les premières à la cote — 22,00; les secondes à la cote — 11,70, soit 33 mètres et 22^m,70 au-dessous du rail.

Tonnage total de l'ouvrage, 432^T,500.

Le poids total du métal des caissons employé pour les fondations des quatre ouvrages est de 413 tonnes.

État actuel des travaux. — Les maçonneries des ponts Song-Ki-Kong et Song-Thuong sont complètement terminées; celles du pont Song-Cau est en voie d'achèvement, et le chantier va prochainement être transporté sur le canal des Rapides.

L'exécution à l'atelier des superstructures est sensiblement terminée: le premier pont est en montage, les deux suivants sont à pied d'œuvre, et le quatrième pont est en route vers le Tonkin.

26 avril 1898.

COMPTE RENDU DES PÉRIODIQUES.

N° 30

PÉRIODIQUES FRANÇAIS.

I. — SCIENCES APPLIQUÉES.

Annales des Mines (1898, 3e livraison) : RATEAU. — *Expériences et théories sur le tube de Pitot et sur le moulinet de Woltmann.* — La principale conclusion de l'auteur est que le tube de Pitot et les moulinets étalonnés au manège ou par un déplacement rectiligne mesurent correctement la vitesse du courant fluide où ils sont plongés, si ce courant est parfaitement homogène et régulier; et que, dans le cas contraire, de beaucoup le plus fréquent, ils donnent, pour la vitesse moyenne, des indications toujours exagérées et d'autant plus exagérées que le courant est plus irrégulier.

Le Génie civil (5 mars 1898) : Ch. RABUT. — *La nouvelle formule de M. Bazin pour calculer le débit des canaux découverts.* — L'auteur expose sommairement les résultats des derniers travaux de M. Bazin (*Annales des Ponts et Chaussées*, 1897, 4e trimestre) et met en relief la valeur pratique de la formule donnant la vitesse moyenne.

—— (16 avril 1898) : *Essais sur la résistance des colonnes et des consoles en fonte, effectués à New-York.* — Dix colonnes en fonte ont été essayées jusqu'à la rupture. Six (A) avaient 4m,83 de longueur, 0m,381 de diamètre et 0m,0254 à 0m,0301 d'épaisseur; deux (B) avaient 4m,06 de longueur et 0m,203 de diamètre; les deux dernières (C) mesuraient 3m,048 de longueur et 0m,152 de diamètre.

D'après la formule de Gordon

$$S = 0{,}07 \times A \frac{80.000}{1 + \frac{l^2}{400d^2}}.$$

dans laquelle S représente la charge de rupture en kilogrammes par centimètre carré, A la section en centimètres carrés, l et d la longueur et le diamètre en mètres, la rupture aurait dû se produire, pour les colonnes A, B et C, sous des charges respectivement égales à 4.000, 2.800 et 2.800 kilogrammes.

Or les essais ont montré que les colonnes A se sont rompues sous des charges variant de 1.743 à 2.828 kilogrammes par centimètre carré, et les colonnes B et C sous des charges variant de 1.589 à 2.233 kilogrammes par centimètre carré.

La rupture de consoles se fait par cisaillement vertical, soit en dehors de la colonne, soit avec arrachement d'un morceau de cette colonne.

La résistance moyenne par centimètre carré de section verticale a été de 560 kilogrammes avec charge uniformément répartie sur le plateau supérieur, et de 295 kilogrammes avec charge appliquée à l'extrémité de la console.

Le Génie civil (23 avril 1898) : *Mesure des efforts développés dans le fer et l'acier par la méthode thermo-électrique.* — D'après les expériences de Joule, un fil de fer de 6 millimètres de diamètre se refroidit de 1/8 de degré sous une charge de 387 kilogrammes. M. le professeur W. Thomson démontra que les substances se refroidissent d'autant plus, sous un effort de tensions déterminé, qu'elles sont plus faiblement dilatables par la chaleur, et *vice versa*. Partant de cette loi, M. Turner eut l'idée de l'utiliser à la mesure des efforts intérieurs développés dans le fer et l'acier. Il trouva que l'effort peut être exactement mesuré par le changement thermal de la pièce examinée, quand l'effort développé n'excède pas 5/8 de la limite d'élasticité.

II. — Matériaux et Procédés généraux de construction.

Le Ciment (avril 1898) : *Les archives du Comptoir d'Escompte de Paris à Rueil.* — L'édifice, mesurant 30^m,50 de long sur 12 mètres de large et 7^m,55 de hauteur, divisé en deux étages, est tout en ciment armé. La couverture a été faite

en intercalant entre deux ossatures, pour plus d'étanchéité, une feuille de plomb mince, soudée à elle-même. On a substitué aux treillis en barres de fer, faits à la main, des treillis en fer déployé. Les poutres et les piliers sont en armatures en acier symétrique.

IV. — Navigation intérieure.

Bulletin de la Société des Ingénieurs civils (avril 1898): C. de Cordemoy. — *A propos de l'étude de M. Lokhtine sur le mécanisme du lit fluvial.* — M. Fargue a donné le moyen d'établir le tracé rationnel d'un cours d'eau, c'est-à-dire de fixer la forme à attribuer au lit moyen pour que ses sinuosités soient en harmonie avec celles du profil en long. Les règles qu'il a posées ont été vérifiées par un grand nombre d'ingénieurs. M. Lokhtine, ingénieur russe, a cherché la solution du problème dans la considération du régime en temps de crue, parce que, dit-il, ce sont les hautes eaux qui, à raison de leur plus grande vitesse, exercent une action prépondérante sur la forme du lit, creusant ce lit dans les courbes, où, par les grandes eaux, la vitesse est maximum, et le comblant dans les alignements droits, où cette vitesse est alors minimum. En étiage, c'est le contraire qui a lieu quant à la répartition des vitesses. Les cas extrêmes à considérer sont celui des rivières à forte pente et lit peu résistant et celui des rivières à faible pente et lit très résistant. Les règles à suivre sont différentes selon les cas. M. Lokhtine ne paraît point, d'ailleurs, les préciser assez pour qu'il soit possible de les résumer.

Les études de ce savant russe ont encore donné lieu à des observations consignées dans deux notes, rédigées par MM. R. Le Brun et L. Vauthier, et qui font suite à celle de M. de Cordemoy, dans le numéro d'avril 1898 du *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*.

Le Génie civil (14 mai 1898): A. Dumas. — *Barrage mobile du Big-Sandy (États-Unis).* — Ce barrage, situé sur le Big-Sandy à une quarantaine de kilomètres de son confluent avec l'Ohio, se compose d'une écluse de 58 mètres de longueur utile et 15^m,85 de largeur, d'une passe navigable de 39^m,62 de largeur et d'une passe-déversoir de 42^m,67 de largeur.

La partie mobile du barrage se compose de fermettes du système Poirée supportant des aiguilles en bois.

Les fermettes, espacées de $1^{m},22$, mesurent $4^{m},62$ de hauteur à la passe navigable et $2^{m},94$ à la passe-déversoir. Le cadre en est formé par des fers en U de $0^{m},10$ de largeur, pesant $10^{kg},77$ par mètre courant. Il n'y a pas de traverse au bas du cadre, afin que les fermettes rabattues puissent se loger l'une dans l'autre avec moins de saillie sur le radier. Un bracon réunit la tête du montant d'amont au pied du montant d'aval, et deux traverses horizontales achèvent de donner au système la rigidité nécessaire.

Les aiguilles, en sapin blanc, ont $0^{m},305$ (1 pied) de largeur. Celles de la passe navigable mesurent $4^{m},34$ de longueur, $0^{m},216$ d'épaisseur à la base et $0^{m},114$ au sommet; elles pèsent 120 kilogrammes. Celles du déversoir, longues de $2^{m},514$, épaisses à la base de $0^{m},089$ et au sommet de $0^{m},064$, pèsent $36^{kg},300$. Ces aiguilles sont mises en place au moyen d'une petite grue à vapeur portée sur un bateau. On les pose à une certaine hauteur au-dessus du seuil, sur une tablette soutenue par des sabots articulés, de manière que, l'eau continuant à s'écouler librement, cette opération préliminaire ne souffre point de difficulté. Puis on fait glisser les aiguilles jusqu'au radier en faisant basculer la tablette par la rotation des sabots qui la soutiennent. Pour ouvrir le barrage, on tire sur un câble auquel toutes les aiguilles sont accrochées par des bouts de chaîne.

V. — Travaux maritimes.

Bulletin de la Société d'Encouragement (avril 1898) : J. Rey. — *Progrès de l'éclairage des côtes et l'invention des feux-éclairs.* — Après avoir fait sommairement l'historique de l'éclairage des côtes, l'auteur rend compte du système des feux-éclairs, imaginé par l'Inspecteur général Bourdelles. Il en expose le principe et les applications en s'appuyant sur les travaux des ingénieurs du Service des Phares.

VI. — Chemins de fer. — Tramways. — Automobiles.

Annales des Conducteurs et Commis des Ponts et Chaussées (mai 1898) : *Le vélocipède protecteur et inspecteur des voies fer-*

rées. — Depuis longtemps le vélocipède est utilisé aux États-Unis pour l'inspection des voies ferrées et y rend de grands services. Un constructeur français, M. H. Chaudun, vient de créer un tricycle léger et peu encombrant qui paraît susceptible d'être utilement employé pour la surveillance des voies pour l'échange des communications entre les gares en cas d'interruption des lignes télégraphiques, pour les demandes de secours en cas de détresse d'un train, etc. (Une dépêche ministérielle du 19 avril appelle l'attention des Compagnies sur les services que peut rendre cet appareil.)

Ce tricycle pèse 33 kilogrammes; il s'actionne au moyen de pédales comme une bicyclette ordinaire et permet d'atteindre sans fatigue une vitesse de 25 à 30 kilomètres à l'heure. Les jantes, de même profil que les roues des wagons, sont en tôle et munies d'un bandage en caoutchouc ou en poil de chameau en vue d'augmenter l'adhérence et d'amortir le bruit du roulement. L'appareil peut se plier aisément et rapidement; il n'occupe plus, une fois plié, qu'une largeur de 0m,60 sur 2m, de longueur et peut être logé sans embarras dans un fourgon.

Le Génie civil (19 mars 1898) : A. Magnier. — *Emploi des traverses métalliques sur les chemins de fer turcs.* — Ces traverses, en acier doux, pèsent 50 kilogrammes. Leur profil est sinueux en longueur et variable transversalement. Elles mesurent 2m,400 de longueur, 0m,312 de largeur aux extrémités et 0m,184 de largeur au milieu. L'espacement courant est de 0m,90; cet espacement se réduit à 0m,55 au droit des joints des rails. Sur la ligne de Konia, en Anatolie, on s'est servi, pour la pose de la voie, d'une machine permettant de mettre en place, en une seule opération, une travée de voie de 9m,55 de longueur, assemblée au dépôt.

—— (9 avril 1898) : F. Barbier. — *Résistance à la traction du matériel roulant à grande vitesse.* — Des expériences prolongées, effectuées en service courant et sur le chemin de fer du Nord, à des vitesses comprises entre 60 et 120 kilomètres, sur des parties de voie en palier et en alignement droit, ont fourni les résultats suivants, dans lesquels R exprime la résistance par tonne de poids brut, et V la vitesse en kilomètres à l'heure.

I. Résistance des voitures. — 1° *Voitures à deux essieux :*

$$R_1 = 1^{kg},6 + 0,46V\left(\frac{V + 50}{1.000}\right).$$

2° *Voitures à bogies :*

$$R'_1 = 1^{kg},6 + 0,456\left(\frac{V + 10}{1.000}\right).$$

L'avantage des voitures à bogies sur les voitures à deux essieux, mesuré par le rapport $\frac{R'_1}{R_1}$, varie de 0,76 à 0,79, selon la vitesse.

II. Résistance des locomotives a grande vitesse et de leurs tenders :

$$R = 3^{kg},8 + 0,9V\left(\frac{V + 30}{1.000}\right).$$

R varie de $8^{kg},65$ à $21^{kg},35$, quand la vitesse varie de 60 à 125 kilomètres à l'heure.

Revue générale des Chemins de fer (mars 1898) : *Les voitures automobiles de la Compagnie du Nord.* — La Compagnie du Nord a mis en construction deux types. Le premier type, comprenant un seul compartiment de 2e classe à douze places, et comportant deux modèles, l'un à vapeur du système Serpollet, l'autre électrique avec accumulateurs, est en principe destiné au seul transport des dépêches postales, lorsque les horaires fixés pour les besoins de l'Administration des Postes ne correspondent point aux besoins des voyageurs.

Le deuxième type à traction exclusivement électrique, comprenant plusieurs compartiments pouvant renfermer cinquante places est destiné à assurer différents services :

a) Le service de trains-tramways temporaires existant par exemple, pendant l'été, autour de certaines stations de bains de mer ;

b) Le service de trains-tramways permanents d'importance secondaire, ne justifiant pas la circulation d'une machine à vapeur ;

c) Les services restreints de trains légers, soit de lignes secondaires, soit de lignes principales.

Revue générale des Chemins de fer (avril 1898) : F. Miche
Le dortoir de la Compagnie du chemin de fer du Nord plaine Saint-Denis. — Ce dortoir, destiné aux agents qui, dant en province, ne peuvent retourner à leur domicile, siste en un bâtiment à deux étages de 45 mètres de lo 13m,22 de large. Il contient vingt chambres-dortoirs à si (soit en tout cent vingt lits) avec cuisine-réfectoire, sall lavabos et de douches, salle aux armoires, salle de linger de literie.

—— (Mai 1898) : P. Haag. — *Le Métropolitain de Berlin.* — métropolitain se compose d'une grande artère transversal *Stadhbahn*, surélevée sur tout son parcours, que complète ligne circulaire, la *Ringbahn*, analogue au chemin de fe Ceinture parisien. Les travaux de la Stadhbahn, comme à l'automne de 1875, furent terminés en 1882. L'auteur une étude historique et financière de cette ligne de chem de fer. Il en donne la description illustrée par de nombre planches. L'article se termine par une description sommair la Ringbahn et par une notice sur la gare de Potsdam e Wannseebahn.

VII. — Génie rural. — Assainissement. — Distribution d'eau

Le Génie civil (12 mars 1898) : A. Marquane. — *Travaux d'addi tion d'eau de Valparaiso* (Chili). — L'ensemble des trav comprend : Le barrage de Pennelas, — un déversoir de tr plein des eaux du lac, — des filtres à sable placés auprès barrage, — un aqueduc de 20 kilomètres de longueur ; — bassin-réservoir de 20.000 mètres cubes, — une conduite m tresse et des conduites de branchement.

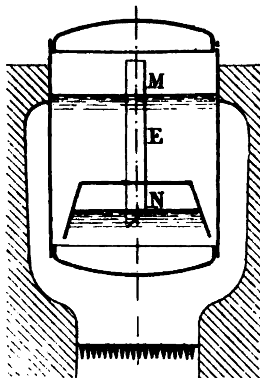
Le barrage ferme un cirque naturel que les eaux du rés voir couvriront sur 2.000 hectares. Il mesure 490 mètres longueur et 17 mètres de hauteur au-dessus du terrain natur C'est une digue en terre, ayant en section la forme d'un trap mesurant 8 mètres de largeur en crête et jusqu'à 96 mètres à base. Les côtés, inclinés à 2 de base pour 1 de hauteur s revêtus en pierre sèche. Au milieu de cette digue, se trouve u muraille d'argile corroyée dont l'épaisseur croît de 2 mètr au sommet, à 6 mètres, à la base. Elle est accompagn de corrois en terre argileuse qui s'appuient contre elle et s

terminent au dehors par des talus à 45°, sur lesquels s'appliquent les massifs extérieurs en terre ordinaire.

La prise d'eau consiste en une conduite en fonte traversant le barrage et placée dans une galerie maçonnée, et en une tour cylindrique en fonte, extérieure au barrage, où l'eau pénètre par des vannes, réparties, au nombre de quatre, sur la hauteur.

VIII. — Machines.

Bulletin de la Société des Ingénieurs civils (janvier 1898): M. Jouffret. — *Note sur les chaudières à émulsion de vapeur.* — La circulation méthodique et régulière de l'eau ne se produit pas naturellement dans les chaudières à vapeur; il faut la produire artificiellement. On emploie à cet effet l'*émulseur à vapeur*, qui fonctionne automatiquement, par le seul fait de la production de la vapeur et au moyen d'organes fixes de la plus grande simplicité.



La vapeur d'eau produite par le foyer s'accumulera sous la cloche N jusqu'à ce qu'elle puisse s'échapper par le tube E dans l'espace principal M occupé par la vapeur. A ce moment, un nouveau volume d'eau sera aspiré sous la cloche. Le phénomène, qui se produit d'abord par saccades, devient ensuite régulier et continu. En définitive, l'appareil émulseur a pour effet d'égaliser la température de toute l'eau contenue dans la chaudière, en provoquant et maintenant dans cette eau une circulation certaine et régulière. L'auteur indique les dispositifs appliqués à divers types de chaudières, et il fait valoir les avantages économiques que procure l'usage de l'appareil.

Portefeuille économique des Machines (avril 1898): *Turbines génératrices à axe horizontal de la station électrique de Cauterets.* — Ces turbines appartiennent à l'usine hydroélectrique desti-

née à assurer la traction électrique sur les lignes de Cauter à La Raillère (en exploitation) de Pierrefitte à Cauterets et Pierrefitte à Luz, dont la longueur totale est d'environ 25 ki mètres en voie de 1 mètre. L'eau motrice est fournie par gave de Cauterets avec une chute totale de 65 mètres et débit de 4 mètres cubes, qui donnent 2.500 chevaux. Mais l tuyaux abducteurs et l'usine ne sont établis que pour une pui sance de 1.200 chevaux, largement suffisante pour le mome L'usine comporte quatre turbines de 300 chevaux actionn chacune deux dynamos à courant continu du type Thury et u turbine de 35 chevaux commandant les turbines excitatri Les turbines de 300 chevaux consomment chacune 536 litres p seconde et marchent à raison de 330 tours par minute, s une chute nette de 56 mètres. F. D.

IX. — Électricité appliquée.

L'Éclairage électrique (2 avril 1898) : G. Richard. — *Applicati mécaniques de l'électricité.* — Description de quelques disposi américains et anglais pour signaux de chemins de fer : sém phore Coleman, verrou électromagnétique de Tyer pour m nœuvre d'aiguilles, manœuvre électrique pour verrières MM. William et Kinney, signaleur Siemens et Forrest ; p électro-pneumatique Batcheller.

—— (2 avril 1898) : *Effets physiologiques des courants alternati* — D'après les expériences de M. Weber à Zurich, on ne pe quand on tient deux câbles avec les mains humides, lâcher l électrodes sous 30 volts ; à 90, le courant est très doulour mais il ne semble pas dangereux pour la vie ; de même, si u piéton muni de chaussures sèches sur une route humide touc un seul conducteur à 1.000 volts. M. Kolben cite un exempl d'ouvrier ayant été soumis pendant un temps assez long (u demi à une minute) à un courant de 200 volts sans accident perte de connaissance. Au contraire, Kapp rapporte quatre c de mort produits dans une usine par les courants à 115 volts M. Kolben craint qu'on n'ait fait une erreur sur l'évaluation d cette tension.

—— (9 avril 1898) : G. Pellissier. — *Tramways électriques à cana sations souterraines.* — A la suite d'essais nombreux et prolongé faits à New-York, la Compagnie métropolitaine (Metropolitan Street Railway C°) adopte le système à conduite souterraine

sur les lignes des 10e, 8e et 2e avenues, Madison Avenue, 23e et 59e rues, représentant une longueur totale de 47km,5, correspondant à 95 kilomètres de voies simples. Les travaux sont déjà presque terminés. On estime le prix de revient à 300.000 ou 325.000 francs par kilomètre de voie simple, y compris les feeders.

L'article donne quelques dessins en coupe des conduites et le détail des isolateurs et des prises de courant.

L'Éclairage électrique (25 et 30 avril 1898) : G. Pellissier. — *Tramways électriques à caniveaux fermés.* — Descriptions, d'après brevets, de divers systèmes à distribution par contacts superficiels : système Hecker, Allen et Peard, Balfour et Smith, Siemens et Halske, Riccardo Arno et Caramagna. Pas de principes nouveaux, seulement des dispositifs de détails.

—— (30 avril 1898) : G. Richard. — *Applications mécaniques de l'électricité* (*suite*). — Description des freins Idler et Jonkers pour ascenseurs, des ascenseurs électriques Westinghouse, des tours d'atelier Wickers (électrique), Brockie (hydro-électrique), de la machine Norton à monter les bandages, de l'embrayage-frein magnétique Wellman et Seaver, etc.

—— (14 mai 1898) : Reyval ; — et **Le Génie civil** (18 et 25 décembre 1897) : Journet. — *L'usine d'électricité du quai Jemmapes.* — La Compagnie Parisienne de l'Air comprimé a terminé récemment les installations de sa nouvelle usine centrale, destinée à alimenter tout le secteur qui lui est concédé. L'article donne la description détaillée de cette usine, avec nombreuses figures.

Le bâtiment des machines et des générateurs affecte une forme de U, dont les deux branches sont tournées vers le canal. Un bâtiment en bordure sur ce dernier contient dans les ailes les salles d'ateliers et d'accumulateurs et, au centre, le bâtiment d'administration. Au milieu du rectangle ainsi formé sont des bâtiments de services accessoires, surmontés d'un campanile.

Les générateurs sont disposés au-dessus des machines : ils sont du type Belleville ; il y en a quatre par machine, mais trois suffisent pour le service ; ils sont munis de réchauffeurs et de sécheurs de vapeur. Les machines à vapeur sont du type compound vertical à distribution Corliss, tournant à 70 tours et fournissant 1.200 chevaux à la pression de 8 kilogrammes ; chacune actionne directement une grande dynamo Siemens et

Halske à pôles intérieurs de 750 watts sur 500 à 600 volts. Il a vingt-trois groupes de ce genre donnant une puissance tota de 17.000 watts. La distribution se fait à cinq fils, d'après le sy tème de la place Clichy. Toute l'installation a été dirigée M. Journet, et le matériel fourni par la Société alsacienne Constructions mécaniques.

L'Éclairage électrique (31 avril 1898) : J. Reyval. — *Variation capacité des accumulateurs à électrodes de plomb suivant le régi de décharge.* — Comme on le sait, la capacité d'un accumu teur au plomb varie en sens inverse de la durée de déchar M. Peukert a trouvé pour des décharges à régimes unifor la loi

$$I^n t = k,$$

I étant le courant constant débité; t, la durée de décharge; k, deux constantes qui dépendent de la capacité et du t d'accumulateurs. Par exemple, pour les accumulateurs T type E on a : $n = 1,35$, et pour le type ES, $n = 1,48$. La fo mule précédente donne immédiatement la relation entre capacités observées sous deux régimes différents :

$$C_1 = c \left(\frac{I}{I_1}\right)^{n-1}$$

M. Loppé a vérifié l'exactitude de ces formules, déter n pour divers types d'accumulateurs et dressé un tableau et courbes très commodes pour le calcul de $\frac{c_1}{c}$; ce tableau donne valeurs de $\left(\frac{I}{I_1}\right)^{n-1}$ pour diverses valeurs de n et pour diver durées de décharges comparées à la décharge en dix heures.

—— (23 et 30 avril 1898) : *Les nouvelles lampes à incandescence é trique de Nernst et d'Auer.* — Deux nouvelles lampes à incande cence, dont on dit merveille, viennent d'être inventées dans but d'augmenter le rendement jusqu'ici médiocre de la lumi électrique. Bien que ces appareils n'aient pas encore é soumis à des essais officiels, on se préoccupe vivement de l'in fluence très grande qu'ils pourront avoir sur le développeme de ce genre d'éclairage. La lampe Nernst utilise l'incande cence à l'air libre. Le Prof. Nernst a observé que certai corps réfractaires, tels que la magnésie, qui, comme on le sait, donnent lieu à une émission de lumière plus économique que

le carbone incandescent, deviennent un peu conducteurs quand on les porte au rouge ; il emploie donc un bâtonnet de magnésie de 2 millimètres de diamètre et de 20 de long, dans lequel il fait passer des courants alternatifs (pour éviter l'électrolyse) à 100 volts, après l'avoir chauffé dans une flamme de gaz. Les résultats obtenus seraient, paraît-il, très remarquables, car la dépense spécifique ne dépasserait pas 1 watt par bougie, tandis qu'avec les lampes actuelles elle est de 2,5 à 4 watts.

La nouvelle lampe Auer repose sur un principe tout différent. M. Auer a observé que l'osmium est beaucoup plus réfractaire qu'aucun autre corps, même le carbone ; en le portant à une très haute température, on obtient un éclat extrêmement élevé et meilleur que celui des filaments de carbone qu'on ne peut chauffer au même degré. Il remplace donc, dans les lampes ordinaires, le filament de carbone par un filament d'osmium creux, obtenu en déposant de l'osmium par voie chimique ou électro-chimique sur un fil de platine qu'on vaporise ensuite.

En recouvrant le filament d'osmium d'un dépôt de 1/10 de millimètre de thorine (corps qui est, comme on le sait, le principal élément des manchons à incandescence pour le gaz), on accroît encore très sensiblement le rendement en lumière pour une même dépense d'énergie.

L'Éclairage électrique (7 mai 1898) : *Accumulateur Werner plomb, zinc et cadmium.* — Reynier, le premier, a imaginé de remplacer dans l'accumulateur au plomb la plaque négative par une plaque de zinc, en prenant comme électrolyte du sulfate de zinc. Malheureusement le dépôt de zinc se dissout à circuit ouvert. M. Werner semble avoir tourné ces difficultés en employant comme électrolyte un mélange de sulfates de zinc, cadmium et magnésium. Ce dernier sulfate, très important, permet d'avoir un bon dépôt, tout en réalisant une bonne peroxydation des plaques positives, avec des solutions d'une concentration moyenne, et d'obtenir une suffisante constance de voltage ; la différence de potentiel est de 2,4 volts au commencement de la décharge et de 1,9 à la fin. La capacité, très élevée, atteint 82 watts-heures par kilogramme d'accumulateurs complets.

Ces accumulateurs sont employés ou essayés en Angleterre pour la traction de voitures automobiles et pour l'éclairage des trains.

L'Éclairage électrique (7 mai) : G. Richard. — *Les fours électriq*
— Descriptions illustrées, d'après brevets, de quelques no
veaux types de fours : fours Hughes, Contardo, Regnoli, Sieme
et Halske.

—— (7 mai) : J.-R. Woodbridge et C.-T. Child. — *Les transformate tournants.* — Étude analytique des conditions de fonctionn ment des transformateurs tournants à courants mono-, di- triphasés, dans l'hypothèse de courants sinusoïdaux et champs magnétiques également sinusoïdaux.

L'Industrie électrique (10 avril 1898) : E. Hospitalier. — *L'e industriel des accumulateurs.* — La traction automobile re désirable que les mesures de rendement et de capacité spé fique des accumulateurs soient bien comparables. M. Hospit lier propose diverses règles dans ce but. Il propose de pratiqu la décharge sur résistance constante et de l'arrêter lorsque force électromotrice en circuit ouvert est tombée à 1,8 volt p élément (accumulateurs au plomb).

—— (10 mai) : M. Leroy. — *Démarrage électrique des moteurs gaz.* — On rencontre aujourd'hui fréquemment des install tions génératrices où les dynamos, actionnées par des mote à gaz, servent à l'éclairage avec adjonction d'une batterie d'a cumulateurs ; on peut employer alors celle-ci pour entrain successivement chaque dynamo comme réceptrice et mettre mouvement les moteurs à gaz, ce qui dispense d'une manœuv L'auteur a constaté, dans diverses installations, que l'ef nécessaire à cette mise en marche atteint environ les 2/5 d l'effort normal ; il indique la disposition des tableaux de distr bution qui permet de réaliser la combinaison avec un se rhéostat.

—— (10 mai 1898) : M. Leroy. — *Contrôle permanent du servi dans les stations centrales.* — Description d'un appareil tr simple de M. Peyramale, destiné à forcer les électriciens de stations centrales à inscrire exactement les chiffres qu'ils son tenus de relever d'heure en heure. L'instrument est simple ment un cylindre perforé de fenêtres derrière lesquelle tourne un cylindre de papier destiné aux inscriptions. S celles-ci ne sont pas faites à l'heure indiquée, elles ne peuven être rajoutées après coup. Les résultats sont excellents.

ulletin de la Société internationale des Électriciens (6 avril 1898) : J. Laffargue. — *Les installations électriques en Allemagne.* — Résumé d'un voyage fait en Allemagne avec M. Charles Bos, conseiller municipal. M. Laffargue donne d'abord quelques statistiques : en mars 1897, il y avait 365 stations d'éclairage et une puissance totale de 78.200 kilowatts ; et en janvier 1898, 56 réseaux de tramways avec 957 kilomètres de voies, et 21.465 kilowatts de puissance installée. Des travaux considérables d'agrandissement et de nouvelles installations sont d'ailleurs en cours d'exécution. Les canalisations sont en câbles armés souterrains pour la lumière, en fils aériens pour la traction. Les installations d'abonnés sont fort défectueuses.

M. Laffargue donne la description très rapide des principales stations qu'il a visitées : Francfort, Cologne, Düsseldorf, Hambourg, Berlin, Leipzig, Munich, Nuremberg, Strasbourg. Puis il indique les prix de vente de l'énergie ; le prix moyen pour l'éclairage est de 8 à 10 centimes l'hectowatt-heure avec des rabais de 40 à 50 0/0 ; et de 3 à 4 centimes pour les applications mécaniques. Les prix de revient du kilowatt-heure sont de 0 fr. 305 à Francfort, tous frais payés ; 0 fr. 192 à Cologne, et 0 fr. 126 à Düsseldorf, non compris l'amortissement et les intérêts, 0 fr. 25 environ à Berlin (avec charbon de 12 à 18 francs la tonne).

Les chiffres relatifs à Berlin, et que M. Charles Bos a opposés aux secteurs parisiens dans un *Rapport au Conseil municipal* sont, dans l'*Éclairage électrique* (4 juin), l'objet de très vives critiques de la part de M. Brylinski, qui, chargé lui-même d'une étude des distributions d'électricité à Berlin, en a rapporté des documents qui contredisent absolument la thèse du précédent auteur ; d'après M. Brylinski, avec un régime de concession plus libéral, les secteurs parisiens pourraient offrir des conditions relativement plus avantageuses que ceux de Berlin.

A. B.

X. — Architecture.

Génie civil (23 et 30 avril 1898) : *La nouvelle bibliothèque du Congrès à Washington (États-Unis).* — Elle est aménagée pour contenir 2 millions de volumes. C'est un monument imposant, occupant une superficie de 131 mètres de longueur sur

102 mètres de largeur. La principale salle de lecture consiste en une rotonde centrale de 30 mètres de diamètre, dont le lanternon se termine à 60 mètres au-dessus du sol. La disposition des casiers, le chauffage, la ventilation et l'éclairage ont été l'objet des soins les plus attentifs.

Le Génie civil (28 mai 1898) : M. Seurat. — *Revue des travaux de l'Exposition. Les palais des Champs-Élysées (à suivre).* — Entre autres informations sur la construction des petits palais, l'auteur décrit les planchers en béton armé du système Hennebicque, de plusieurs types selon leur portée, employés en rez-de-chaussée.

XI. — Administration. — Législation. — Économie politique.

Revue politique et parlementaire (mai 1898) : C. Colson. — *Revue des questions de transport. La situation des chemins de fer français.* — L'auteur résume les résultats donnés par l'exploitation des chemins de fer français dans le dernier exercice. Les dépenses de premier établissement se sont élevées à 156 millions. Les recettes ont augmenté de 39 millions. Malgré l'accroissement du trafic, les dépenses d'exploitation n'ont présenté d'augmentation sensible que sur les réseaux du Nord et de Lyon. Trois des grandes Compagnies seulement sont encore en déficit et ne demandent que 22 millions, alors que, en 1893, cinq grandes Compagnies demandaient des avances de 100 millions. Les résultats de l'exercice sont donc satisfaisants. Ils le paraissent moins quand on les compare avec ceux des pays voisins, Angleterre et Allemagne. Le pourcentage de l'augmentation moyenne du trafic, pour les deux dernières années, est, par rapport à la France, un peu plus élevé en Angleterre et double en Allemagne.

F. D.

PÉRIODIQUES ALLEMANDS.

I. — Sciences appliquées.

Allgemeine Bauzeitung (1898, 1er fascicule) : Basta Johann. *Étude sur l'élasticité et la résistance des supports à double courbure.* — L'auteur étudie analytiquement cette question, en considérant la déformation, l'action des forces intérieures et celle des forces extérieures ; puis il applique sa méthode au calcul statique des escaliers courbes.

Centralblatt der Bauverwaltung (nos 44A et 45A, — 3 et 10 novembre 1897) : H. Muller-Breslau. — *Le calcul des ponts en console statiquement indéterminés.* — L'article fait suite à une étude déjà publiée dans la même revue et s'applique au calcul des ponts métalliques courbes à trois articulations, dont une au milieu, analogues au pont Mirabeau, à Paris.

Oesterreichische Monatschrift für offentlichen Baudienst (janvier 1898) : Benjamin Person. — *Les poutres courbes continues à deux articulations.* — L'auteur remarque que les ponts construits dans ces derniers temps fournissent la preuve que les poutres statiquement indéterminées se répandent de plus en plus, en raison des nombreux avantages qu'elles présentent, notamment pour les grandes ouvertures ; il donne le calcul complet d'une poutre courbe continue à deux articulations.

Zeitschrift für Architektur und Ingenieur wesen (1898, 1er et 2e fascicules) : Bruno Schulz. — *Sur le calcul des systèmes plusieurs fois statiquement indéterminés.* — L'article, inspiré par l'étude ci-dessus rappelée de M. H. Muller-Breslau (*Centralblatt der Bauverwaltung*, nos 44A et 45A) traite, dans sa première partie, des systèmes symétriques et non symétriques. Dans la seconde partie, l'auteur examine successivement les poutres courbes et les poutres continues à plusieurs ouvertures.

Zeitschrift für Bauwesen (1898, fascicules 1 à 3) : ADOLF FRANCK. — *Le calcul de la tension et de la flexion des poutres à treillis simple.* — Exposé d'une méthode simple, sommaire et toujours applicable, du calcul des efforts élastiques d'une poutre à treillis simple.

II. — MATÉRIAUX ET PROCÉDÉS GÉNÉRAUX DE CONSTRUCTION.

Zeitschrift für Architektur und Ingenieur wesen (1898, 2e fascicule) : O. HERRMANN. — *La carrière de pierres cassées du Koschenberg, près de Senftenberg.* — Étude technique et géologique de cette carrière, ouverte dans une montagne de 176 mètres de hauteur et exploitée en six étages ; les dispositions générales de la carrière sont indiquées sur une planche d'atlas jointe à l'article.

Zeitschrift des Oesterr. Ingenieur und Architekten-Vereines (1898, nos 1, 2 et 3 ; 7, 14 et 21 janvier) : OTTOKAR SOCLAVI. — *Travaux de construction et de consolidation de chemins de fer en terrain glissant.* — L'article, accompagné de figures dans le texte et de deux planches d'atlas, est consacré à l'étude des travaux en terrain glissant, avec des exemples empruntés à une ligne de chemin de fer située dans le sud de la Hongrie entre le Dran et la Save. L'auteur, après quelques mots sur les glissements en général, donne la description de quelques exemples intéressants de travaux exécutés contre les glissements de terrain sur les lignes de chemins de fer ; il traite successivement des glissements en déblai et des glissements de remblai, à propos desquels il donne de nombreux exemples détaillés.

—— (No 7, 18 février 1898) : FRIEDRICH KICK. — *Le Congrès de l'Association internationale des essais de matériaux à Stockholm.* — Compte rendu sommaire des travaux de ce Congrès, qui a eu lieu à Stockholm, du 23 au 25 août 1897.

III. — ROUTES. — PONTS ET VIADUCS.

Allgemeine Bauzeitung (1898, 1er fascicule) : KRONE et EBHARDT. — *Projet d'un pont-route en maçonnerie sur le Rhin, près de Worms.* — L'article, accompagné de plusieurs figures dans le texte et de trois planches d'atlas, donne la description du projet de cet

important ouvrage, d'après les renseignements fournis par les deux auteurs du projet, M. Krone, ingénieur, MM. Bodo Ebhardt, architecte. L'ouvrage se compose de trois arches principales, celle du milieu de 100 mètres d'ouverture, et les deux autres de 96 mètres. Ces trois arches sont accompagnées, sur la rive droite, de onze arches plus petites, dont 6 de 30 mètres d'ouverture, et les cinq autres de 20 et 17 mètres, et sur la rive gauche, de quatre arches de 30 mètres d'ouverture. Les piles en rivière ont 6m,50 d'épaisseur; celles des arches de décharge ont 3 mètres; les culées ont 10 mètres. L'article donne tous les détails des dispositions projetées, fondations, maçonneries et cintres, dont la dépense totale est évaluée à la somme de 2.850.000 marks (soit 3.562.500 francs).

Oesterreichische Monatschrift für der öffentlichen Baudienst (octobre 1897): A. Dumas. — *Le pont Alexandre III sur la Seine à Paris.* — Article fort développé, accompagné de nombreuses figures, et rendant compte des détails du projet et de l'état d'avancement des travaux du pont Alexandre III.

—— (Novembre 1897) : Léopold Petri. — *La reconstruction du pont sur l'Inn, entre Braunau et Simbach.* — L'article, accompagné de plusieurs figures et de deux planches d'atlas, continue la description des travaux d'un grand pont métallique à cinq travées, établi sur l'Inn, entre Braunau et Simbach, à la frontière de la Bavière et de l'Autriche (la première partie de cette description a paru dans la même publication en 1896, 12e fascicule). L'article donne des détails sur les dispositions des deux culées, qui ont été munies de motifs ornementaux rappelant les deux pays ; il fait connaître la dépense totale, qui s'est élevée à 512.905fl,32, savoir :

Pour la partie métallique....................	209.713fl,43
Pour les piles et culées.....................	228.226 ,19
Pour le pont de service......................	37.184 ,21
Pour la décoration des deux extrémités du pont.	37.791 ,49
Total..............	512.905 ,32

Soit 1.538.811fr,72.

—— (Décembre 1897): Otto Flögl. — *La reconstruction du pont sur l'Inn, entre Braunau et Simbach.* — L'article, accompagné de deux grandes planches d'atlas, est spécialement consacré

à la partie métallique de cet ouvrage, composé de cinq travées de 54 mètres d'ouverture chacune. Chaque travée est constituée par une poutre courbe à treillis supportant le plancher horizontal de l'ouvrage ; la poutre a $6^m,10$ de hauteur à son origine et $1^m,90$ en son milieu, dont la partie inférieure se trouve à $8^m,10$ au-dessus du tablier. La largeur libre de la voie charretière est de $5^m,80$; il y a, en outre, deux trottoirs en encorbellement de $1^m,50$ de largeur.

L'auteur donne seulement le prix de revient de la partie autrichienne de l'ouvrage, lequel s'est élevé à 92.419^{fl},49 (soit 194.080 fr. 93).

Oesterreichische Monatschrift für den öffentlichen Baudienst (avril 1898) : Theodor Pawlik. — *Reconstruction du pont de la Sainte-Croix sur l'Ill près de Feldkirch, dans le Vorarlberg.* — Il s'agit d'un pont-route en maçonnerie de faible ouverture (19 mètres seulement), construit au XIIIe siècle, et dont la démolition et la reconstruction, nécessitées par le mauvais état des maçonneries, a présenté quelques particularités intéressantes. L'article, accompagné de figures et de trois planches d'atlas, donne tous les détails des calculs de l'ouvrage et de l'exécution des travaux. Le nouveau pont, d'une ouverture de 19 mètres, avec $4^m,75$ de hauteur de flèche, et d'une largeur de $6^m,50$ y compris les parapets, a coûté 26.377 florins (soit 55.400 francs).

Zeitschrift für Architektur und Ingenieur wesen (1898, 1er fascicule) : Mehrtens. — *La construction des ponts autrefois et aujourd'hui.* — Reproduction, avec nombreuses figures dans le texte, d'un rapport présenté le 2 novembre 1897 à l'Association technique de Francfort-sur-le-Mein. L'auteur donne la description d'un grand nombre d'ouvrages anciens et modernes, avec une vue des ouvrages suivants : l'aqueduc de Tarragona (deux étages, 30 mètres de haut avec ouvertures de 30 mètres) ; le pont du Gard (trois étages, 49 mètres de hauteur, avec ouvertures de $24^m,50$) ; le pont de Pontemolle, à Rome ; pont d'Auguste, sur les marais de Rimini (entièrement en marbre) ; l'aqueduc de Spoleto (90 mètres de hauteur à un étage, construit au XVIe siècle avec voûtes très petites) ; l'aqueduc de Bomfica, près de Lisbonne (85 mètres de hauteur à un étage,

avec voûtes de 34 mètres); le pont du Diable, sur le Llobregat, près Martorell, dans la province de Barcelone; le pont sur le Rhône à Avignon; un pont en bois au Caucase (24 mètres de portée); le pont en fer de Chepstow (93 mètres d'ouverture); le pont suspendu de Francfort-sur-le-Mein (69 mètres d'ouverture); le nouveau pont métallique sur l'Elbe entre Blasewitz et Loschwitz près Dresde (147 mètres d'ouverture); un projet de pont suspendu sur la rivière du Nord à New-York, avec une ouverture centrale de 945 mètres (projet présenté par M. Gustave Lindenthal); un pont en bois au Japon; le pont François-Joseph, à Budapest (175 mètres d'ouverture pour la travée du milieu); le pont sur l'Ohio pour le passage de la ligne de Cincinnati à Covington (travées métalliques ayant jusqu'à 168 mètres); le pont sur la vallée de Pecos au Texas, pour le chemin de fer du Pacifique (travées métalliques à 96 mètres au-dessus du fond de la vallée, avec ouverture maxima de 56 mètres); le pont d'Arcole, à Paris (une travée métallique de 80 mètres); le pont Louis Ier, à Porto (172 mètres d'ouverture); le pont de Müngsten, sur la ligne de Solingen à Remscheid (une travée centrale de 170 mètres d'ouverture et de 107 mètres de hauteur au-dessus de la vallée). Le plus grand pont métallique du monde reste celui de la vallée de Garabit, sur la ligne de Marvejols à Neussargues, construit en 1880-1884, avec une travée centrale de 165 mètres d'ouverture et 122 mètres de hauteur au-dessus du fond de la vallée.

Zeitschrift für Bauwesen (1898, fascicules 1 à 3): L. Dyrssen. — *La reconstruction du pont sur l'Elbing, près d'Elbing.* — Il s'agit de la réfection, en cours d'exploitation, d'un pont situé sur la ligne à deux voies de Dirschau à Königsberg, à 2 kilomètres environ de la station d'Elbing; ce pont comporte cinq ouvertures et une longueur totale de 93 mètres entre les culées. Une partie de la superstructure métallique de l'ouvrage, qui date de 1853, et les maçonneries des piles et culées avaient besoin d'être remplacées.

Les travaux, exécutés en 1895 et 1896 sans interrompre la circulation des trains, ont coûté 121.980M,93, savoir :

Consolidation des piles et réfection des culées.	49.195^{M},47
Consolidation et réfection d'une partie de la superstructure métallique....................	63.114 ,80
Démolition d'une pile	9.670 ,66
TOTAL..............	121.980^{M},93

Soit 152.500^{fr},00.

Zeitschrift für Bauwesen (1898, fasciclues 1 à 3) : R. ROESSLER. — *Résultats des épreuves des ponts métalliques du canal de Dortmund à l'Ems.* — Les ponts métalliques établis sur le canal de Dortmund à l'Ems sont au nombre de cent dix-sept, savoir :

49	ponts de	4^{m},50	de largeur et de	31^{m},79	d'ouverture
41	—	5 ,50	—	31 ,79	—
6	—	7 ,00	—	31 ,86	—
7	—	8 ,00	—	31 ,86	—
8	—	5 ,00	—	31 ,79	—
6	—	4 ,50	—	34 ,98	—

L'article donne, avec figures schématiques et tableaux à l'appui, le détail des épreuves de tous ces ouvrages.

Le coût de ces épreuves s'est élevé, en moyenne, à la somme de 120 à 200 marks par ouvrage (150 à 250 francs).

—— (1898, fascicules 4 à 6) : ALFRED GAEDERTZ. — *Pont en béton avec articulations en granit sur la Eyach, près d'Imnau.* — Il s'agit d'une application nouvelle du système des ponts articulés de M. le Président de Leibbrand, dont nous avons déjà rendu compte, à plusieurs reprises, dans les *Annales* (Voir 3e trimestre 1897, p. 356 ; 1er trimestre 1898, p. 327). Les articulations des ponts en béton construits par M. de Leibbrand étaient généralement en fer ou en plomb. Un pont construit en 1895, à Inzigkofen sur le Danube, dans ce système, présente des articulations en fer visibles en élévation, dans lesquelles la pression atteint 283 atmosphères. L'auteur de ce pont, M. Max Leibbrand, frappé du prix élevé des articulations en fer et de l'aspect peu décoratif qu'elles présentent, a employé des articulations en pierre pour un pont de 30 mètres d'ouverture, construit sous un chemin vicinal sur la Eyach près de Imnau (Hohenzollern).

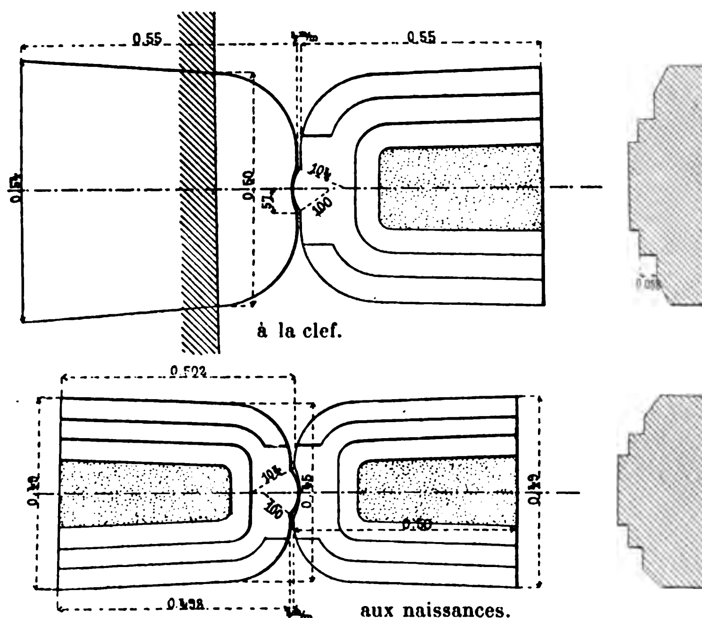
L'article, accompagné de nombreuses figures dans le texte et d'une planche d'atlas, donne tous les détails des dispositions de l'ouvrage; il fait connaître également les résultats des

essais qui ont été faits, au laboratoire de Stuttgart, sur les articulations en métal, et à celui de Munich sur les articulations en pierre.

Les principales dimensions de l'ouvrage sont les suivantes:

Ouverture entre les articulations des culées........	30^{m},00
Hauteur de la voûte au-dessus des articulations....	3 ,00
Longueur totale entre les fondations..............	33 ,05
Largeur utile du pont (2^{m},50 de voie charretière et 2 trottoirs en encorbellement de 0^{m},75)..........	4 ,00
Largeur de la voûte à la clef.......................	2 ,50
— aux naissances...............	3 ,50
Épaisseur de la voûte à la clef.....................	0 ,45
— aux naissances..............	0 ,50
— aux joints de rupture........	0 ,80

Pont sur l'Eyach près d'Imnau. — Détails des articulations.



Les articulations sont établies aux naissances et à la clef. Elles sont constituées, comme l'indiquent les dessins ci-dessus

par des pierres de taille en granit, ayant $0^m,50$ d'épais pour celles des naissances, et $0^m,49$ pour celles de la clef. pierres règnent sans interruption sur toute la largeur d voûte; elles ont, dans le sens de cette largeur, une dimen de $0^m,50$. La portée des pierres l'une sur l'autre à la sur d'articulation est d'environ 10 centimètres.

Le calcul du pont a été fait en supposant le passage cylindre à vapeur de 15 tonnes, et une charge de 360 k grammes par mètre carré. Le travail maximum dans cha section de l'ouvrage ne dépasse pas 34 atmosphères à la c pression et 4 atmosphères à la traction.

L'abaissement du sommet de la voûte, constaté le 15 s tembre 1896 après le décintrement, a été de 15 millimètres tassement a été régulièrement en augmentant jusqu'au 26 s tembre, où il a atteint 30 millimètres. Il n'y a eu aucun tas ment aux culées.

Les dépenses totales de l'ouvrage, y compris les rampes d' cès, se sont élevées à 18.000 marks (soit 22.500 francs. travaux ont duré trois mois et demi.

IV. — Navigation intérieure.

Allgemeine Bauzeitung (1898, 1er fascicule): Anton Kur. — *canalisation de l'Oder*. — L'article, accompagné de nombreu figures dans le texte et de quatre planches d'atlas, rend com des travaux de canalisation de l'Oder exécutés de 1891 à 1 depuis la ville de Cosel jusqu'au confluent de la Neisse da la haute Silésie.

Ces travaux, qui s'étendent sur une longueur de 84 kil mètres, comprennent des déviations du cours d'eau destiné à raccourcir le trajet et des ouvrages de retenue avec é écluses.

Il a été exécuté cinq déviations, à Januschkowitz, à Des chowitz, à Krempa, à Rogan et à l'embouchure de la Neisse le raccourcissement de la voie navigable ainsi réalisé attein 6.435 mètres.

Les écluses et les barrages sont au nombre de douze; il ont une chute variant de $1^m,60$ à $2^m,60$. La longueur des bief varie de $4^{km},3$ à $8^{km},5$.

Les écluses ont une longueur utile de 55 mètres et un largeur de $9^m,60$. Les barrages sont, soit des barrages

aiguilles, système Poirée, comme celui de l'embouchure de la Neisse, soit des barrages à rideaux, comme celui de Mühlgraben.

L'article donne tous les détails nécessaires sur le calcul des barrages et sur l'exécution de ces travaux de canalisation, qui ont permis de livrer la voie navigable au trafic, au milieu d'octobre 1895.

Centralblatt der Bauverwaltung (nos 38 et 39 ; 18 et 25 septembre 1897) : R. Scheck. — *Le nouveau port de Breslau.* — Compte rendu, avec dessins à l'appui, d'un projet de port à établir à Breslau, à l'intersection des deux branches de l'Oder. Ce port, qui doit avoir des entrées sur chacun des deux bras du fleuve, comporte trois grands bassins, avec quais supportant des voies raccordées avec la gare voisine. Les dépenses sont évaluées à 9.600.000 marks, pour une surface d'eau de 108.800 mètres carrés et une longueur utile de 4.525 mètres de quai.

Oesterreichische Monatschrift für den öffentlichen Baudienst (octobre 1897) : Arthur Herbst. — *Travaux d'eau sur le Weser.* — Il s'agit de travaux de régularisation du Weser supérieur à Münden, destinés à faciliter la navigation. Les bateaux sont chargés au maximum de 350 tonnes et ont, à pleine charge, une profondeur de 1m,35. En moyenne, la navigation est arrêtée, chaque année, pendant quatre-vingt-dix à cent vingt jours, à cause soit des basses eaux, soit des glaces, soit des hautes eaux.

—— (Novembre 1897) : Arthur Herbst. — *Le nouveau port de Brême.* — L'article, accompagné d'une planche d'atlas, est consacré aux nouvelles installations du port de Brême, sur le Weser. Le port libre de Brême, ouvert en octobre 1888, a été muni de murs de quai d'une longueur totale de 3.750 mètres et de diverses installations, dont la dépense s'élevait, en 1895, à la somme de 27.000.000 marks (soit 33.750.000 francs). On a aussi agrandi le port impérial de Bremerhafen par la construction de nouveaux bassins.

—— (Décembre 1897) : A. Meissner. — *Les travaux de régularisation de rivières en Hongrie et spécialement la régularisation*

du moyen Danube de Duna-Radvany à Bazias. — Il n'y guère de pays en Europe, à part la Hollande, où les questio d'écoulement d'eau et de régularisation de rivières aient pl d'importance qu'en Hongrie. Les cours d'eau navigables nat rels de ce pays avaient, en 1893, un développement total 2.860 kilomètres, sur lesquels l'État a dépensé, de 1867 à 1 inclus, en travaux de régularisation, une somme totale 62.451.369 florins (soit 131.147.875 francs). L'article, acco pagné d'une double planche d'atlas, donne quelques détails s l'emploi de cette somme et fait connaître les dispositions pr jetées pour régulariser le moyen Danube, dont le cours très irrégulier entre Duna-Radvany et Bazias.

Oesterreichrische Monatschrift für den öffentlichen Baudi Janvier 1898) : VICTOR MAYER. — *L'état des travaux de ca lisation de la Moldau et de l'Elbe, en Bohême.* — L'article don avec figures dans le texte et une planche d'atlas, le com rendu des travaux exécutés jusqu'au courant de décembre 1 pour l'écluse et le barrage de Klecan ; la planche donne l dessins de la maison du barragiste.

—— (Janvier 1898) : BRAUER. — *La régularisation de la Theis* — Depuis la terrible catastrophe de l'année 1879, qui inon en particulier la ville de Szegedin, la question de la rég larisation de la Theiss est à l'ordre du jour en Bohême L'article donne, avec une carte à l'appui, le programme d travaux à faire sur une longueur de 77 kilomètres, entre Cs et Tokaj ; les travaux comprendront des digues de 5 mètr de hauteur moyenne au-dessus du terrain, embrassant u champ d'inondation de 600 à 1.500 mètres de largeur ayant un développement de 83 kilomètres entre Csap et Vis la largeur en couronne de ces digues sera de 4 mètres et le niveau établi à 1 mètre au-dessus des plus hautes eaux de 18

—— (Mars 1898) : ARTHUR HERBST. — *La canalisation de la Fuld entre Cassel et Münden.* — Description, avec deux planches d'atlas à l'appui, du projet de canalisation de cette rivière; la longueur totale est de 27^{km},400, répartie en sept biefs de 3 à 4 kilomètres de longueur, avec barrages à aiguilles et écluses de 2 mètres à 3^{m},20 de chute. La chute totale est de 16^{m},93.

—— (Mai 1898) : ARTHUR HERBST. — *Le Danube à Ratisbonne.* — L'article, accompagné de figures et d'une planche d'atlas,

est consacré à la description des travaux de régularisation, digues et quais, défenses de rives, exécutés récemment à Ratisbonne, sur le Danube.

Das Schiff (nº 919, 12 novembre 1897) : *Un canal du Rhin à l'Escaut.* — L'article donne, avec une carte à l'appui, le tracé d'un projet du canal destiné à relier le Rhin à Düsseldorf avec l'Escaut à Anvers.

—— (Nº 925, 24 décembre 1897): *Un canal de l'Elbe à Kiel.* — L'article annonce un projet de canal destiné à relier l'Elbe au port de Kiel et ajoute que, si ce port de guerre doit avoir la possibilité de recevoir directement la marchandise de l'intérieur du pays par voie d'eau, l'établissement de ce canal est indispensable.

Zeitschrift für Bauwesen (1898, fascicules 4 à 6) : Dr KARL FISCHER. — *Les hautes eaux d'été, de juillet et août* 1887, *dans le bassin de l'Oder.* — Étude du régime des hautes eaux de l'été 1897 dans le bassin de ce fleuve et des dommages qu'elles ont causés ; la réparation de ces dommages a exigé une somme totale de 5.946.000 marks (soit 7.432.500 francs).

Zeitschrift des Oesterr. Ingenieur und Architekten-Vereines (nº 5, 4 février 1898) : ARTHUR OELWEIN. — *L'ouverture de la voie de grande navigation par Breslau et la canalisation de l'Oder supérieur jusqu'à Kosel.* — L'inauguration de cette voie de grande navigation a eu lieu le 21 septembre 1897, et l'auteur rend compte sommairement des travaux exécutés (Voy. aussi l'*Allgemeine Bauzeitung*, 1898, 1er fascicule, et p. 366 *suprà*).

—— (Nos 15 et 16 ; 15 et 22 avril 1898) : RUDOLF RITTER VON GUNESCH. — *Le développement des voies de navigation de l'Amérique du Nord et leur influence sur l'exportation.* — Les voies de navigation des États-Unis d'Amérique sont formées principalement par les cinq lacs qui occupent une superficie importante du continent, savoir : les lacs Supérieur, Michigan, Huron, Érié, Ontario, d'une superficie totale de 250.000 kilomètres carrés. Ces lacs sont reliés au Mississipi d'une part et à New-York de l'autre par des canaux. Le tonnage total de ces voies

navigables, qui était de 1.050.000 tonnes en 1837, a att[...] 3.500.000 tonnes en 1894. L'auteur montre l'influence de[...] trafic sur les importations des produits américains en Euro[...]

V. — TRAVAUX MARITIMES.

Oesterreischiche Monatschrift für den öffentlichen Baudi[...] (décembre 1897) : A. SCHROMM. — ***Le paquebot allemand « [...]ser Wilhem der Grosse*** » (Voy. 1er trimestre 1898 : *Périodiques [...]mands*, p. 383). — L'article donne quelques détails sur la c[...]truction de ce paquebot et sur son premier voyage, effec[...] en septembre 1897, de Brême à New-York. La durée de[...] voyage a été de cinq jours vingt-deux heures quarante-cinq [...]nutes, avec une vitesse moyenne de 21nœuds,36. Il résume, co[...] ci-dessous, les dimensions des plus grands paquebots de l'Oc[...] actuellement existants et ayant une longueur supérieure [...] 150 mètres.

	LONGUEUR entre les perpendiculaires extrêmes	PLUS GRANDE largeur à la ligne d'eau	TONNAGE	PUISSANCE des machines en chevaux indiqués
Kaiser Wilhem der Grosse.	190m,50	20m,10	13.800t	28.000
Campania et *Lucania*....	182 ,90	19 ,80	12.500	28.000
Saint-Paul et *Saint-Louis*.	163 ,10	19 ,20	11.600	20.000
Paris et *New-York*......	160 ,50	19 ,20	10.500	20.000
Majestik et *Teutonic*....	172 ,20	17 ,50	9.686	19.500
Fürst Bismark..........	153 ,20	17 ,50	9.000	17.000

—— (Février 1898) : SCHROMM. — ***Les bacs pour chemins de fe[...] Danemark***. — Le Danemark renferme un grand nombre d'îl[...] qui ne peuvent être reliées avec les chemins de fer du conti[...]nent qu'au moyen de « ferry-boats ». Par exemple, en partan[...] de la péninsule du Jutland pour atteindre à l'île de Fünen, [...] faut traverser d'abord le petit Belt, plus loin le grand Belt, e[...] pour aller en Suède, il faut franchir encore le Sund. Tous ce[...] bras de mer sont trop larges pour comporter des ponts ou de[...] tunnels sous-marins ; le petit Belt a 2.778 mètres ; le Sund [...] dans sa partie nord 4.630 mètres. L'article, accompagné de pl[...]sieurs figures dans le texte et d'une planche d'atlas, donne la[...] description des bacs à vapeur, ou ferry-boats, employés par le[...] voies ferrées pour la traversée de ces bras de mer (Voy. *Périodiques français*, 4e trimestre 1897, p. 230).

Oesterreichische Monatschrift für den öffentlichen Baudienst (mars 1898) : Schromm. — *Le nouveau dock flottant du port de Saint-Paul-de-Loanda.* — Description, avec figures et une planche d'atlas, du bassin flottant construit en 1896 par la maison A.-F. Smulders, de Rotterdam, pour le port de Saint-Paul-de-Loanda, au Congo portugais. La longueur totale du bassin est de 60^{m},90 ; sa largeur de 21^{m},40 à l'extérieur du ponton ; les caissons latéraux, de 3 mètres de largeur, laissent entre eux une largeur libre de 15 mètres ; leur hauteur est de 6^{m},81. La hauteur totale du dock est de 9^{m},15. Les pompes centrifuges qui sont employées pour le service de ce dock sont mues par un courant électrique pris dans une usine centrale, à terre. Le temps nécessaire pour faire entrer ou sortir un bateau est de quarante-cinq à cinquante minutes (Voy. *Périodiques français*, 4e trimestre 1897, p. 230 ; et *Périodiques anglais*, p. 278).

Das Schiff (n° 923, 10 décembre 1897) : *Agrandissement du port de Hambourg.* — En raison de l'accroissement du trafic de ce port, l'article annonce la construction prochaine de nouveaux bassins. Au point de vue seulement de la navigation maritime, Hambourg qui recevait, en 1882, 6.189 bateaux chargés de 3.030.909 tonnes, a reçu, en 1895, 9.443 bateaux chargés de 6.812.384 tonnes. La longueur des quais affectés à ces bateaux, qui était de 14.215 mètres en 1882, n'avait atteint, en 1895, que le chiffre de 24.980 mètres. Le trafic maritime s'est donc augmenté de 125 0/0, alors que l'étendue des emplacements affectés aux bateaux ne croissait que de 75 0/0. Il faut, d'ailleurs, ajouter à ce trafic maritime celui qui vient de l'Elbe inférieur, qui était représenté, en 1882, par 9.300 bateaux avec 1.434.443 tonnes, et qui a atteint, en 1895, le chiffre de 14.135 bateaux avec 3.076.421 tonnes.

Zeitschrift für Bauwesen (1898, fascicules 1 à 3) : Fülscher. — *La construction du canal de l'Empereur-Guillaume.* — L'article, accompagné de nombreuses figures dans le texte et de six planches d'atlas, continue (Voy. *Périodiques allemands*, 4e trimestre 1897, p. 251) le compte rendu des travaux de cet important canal : il est consacré à la description de l'écluse de

Rendsbourg, des petites écluses accessoires du canal et aux petits travaux de port.

L'écluse, établie près de Rendsbourg, sert de communication entre le canal de l'Empereur-Guillaume et l'Eider inférieur, et remplace l'ancienne écluse du canal de l'Eider. Tandis que l'ancienne écluse avait 28 mètres de longueur utile et 8 mètres de largeur, la nouvelle présente une longueur utile de 68 mètres et une largeur de 12 mètres; la profondeur d'eau est de 5m,57 pour la tenue d'eau habituelle du canal. L'écluse est munie de trois paires de portes métalliques de 0m,55 d'épaisseur au milieu et d'une surface de 87m,984. Le prix d'une porte est de 17.100 marks, soit 195 marks (ou 244 francs) par mètre carré de porte. Le prix d'une tonne ressort à 378 marks (ou 472 fr. 50).

Sur la tête amont de l'écluse est établie une passerelle levante, devant servir seulement au passage des voitures légères et calculée pour un chariot de 4 tonnes. Sa largeur est de 4 mètres; elle est manœuvrée au moyen de câbles fixés à des leviers établis au-dessus de la passerelle. Son prix de revient est de 10.400 marks, soit 270 marks (ou 337 fr. 50) la tonne.

Un pont-levis, destiné au passage des poids lourds, et calculé pour une voiture de 7 tonnes et demie, est établi à l'autre extrémité de l'écluse. Sa largeur est de 7m,50, comprenant une voie charretière de 5 mètres et deux trottoirs de 1m,25. Son prix de revient est de 42.000 marks, soit 370 marks (ou 462 fr. 50) par tonne de fer et d'acier.

Un pont pour chemin de fer est établi sur l'Eider supérieur près de l'écluse. Ce pont, construit pour deux voies, comprend deux travées tournantes de 22 mètres chacune et une ouverture fixe de 19m,50.

Un certain nombre de petites écluses accessoires ont été construites pour relier le canal principal avec des voies secondaires. L'article donne les détails d'établissement de ces écluses, ainsi que ceux des petits travaux de ports.

Zeitschrift für Bauwesen (1898, fascicules 1 à 3) : Anderson. — *Le niveau moyen de la mer Baltique aux bouches de Kolberg.* — Recherches sur le niveau moyen de la mer Baltique, d'après les résultats d'expériences faites pendant quatre-vingt-une années, de 1816 à 1896. Ce niveau, qui avait été fixé à 1m,517 au-dessus du zéro de l'échelle du pont, d'après les observations faites de 1848 à 1867, et ensuite rectifié à 1m,5235 d'après celles

de 1868 à 1875, se trouve désormais fixé au chiffre de 1m,5290, d'après les nouveaux calculs.

eitschrift für Bauwesen (1898, fascicules 4 à 6) : Fülscher. — *La construction du canal de l'Empereur-Guillaume.* — Continuation du compte rendu des travaux (Voy. *suprà*, p. 371). L'article, accompagné de figures dans le texte et de six planches d'atlas, est consacré aux portes des écluses de Brunsbüttel et de Holtenau. Il traite, avec les plus grands détails, toutes les questions qui se rapportent à la construction et à la mise en place de ces portes, dont les dimensions sont très grandes et qui sont manœuvrées au moyen de l'eau sous pression. La largeur de chaque porte est de 14 mètres environ, son épaisseur de 1m,30 ; sa hauteur de plus de 16 mètres pour les portes de flot, de plus de 11 mètres pour les portes d'èbe, et de près de 11 mètres pour les portes d'entrée.

La dépense totale des portes de ces deux écluses, y compris la mise en place, s'est élevée à 2.333.000 marks (soit 2.916.250 francs).

Le poids total de ces portes, non compris les ancrages, est le suivant :

Portes de flot:	
Brunsbüttel	124T,456
Holtenau	92 ,206
Portes d'èbe	92 ,687
Portes d'entrée	76 ,233

Le poids des ouvrages varie de 3 à 4 tonnes par porte.

Le prix total d'un vantail de porte est le suivant :

Portes de flot:	
Brunsbüttel	63.330 fr.
Holtenau	49.000
Portes d'èbe	46.500
Portes d'entrée	42.000

Le prix de revient de 1 mètre carré de surface de porte varie de 267 fr. 50 à 323 fr. 75.

Ƶeistchrift des Oesterr. Ingenieur und Architekten-Vereines (n° 8, 25 février 1898) : Von Horn. — *Murs de rive sur la mer du*

Nord. — L'article donne, avec figures à l'appui, quelques profils de murs construits sur les rivages de la mer du Nord. Ils se ramènent à trois types : 1° le type belge (Ostende et Blankenberghe), à parois très inclinées ; 2° le type hollandais (Scheveningue), avec une paroi courbe terminée au pied par un talus incliné à 1/4 ; 3° le type allemand (Norderney, Borkum), avec un profil composé de deux courbes, l'une concave, et l'autre convexe.

VI. — Chemins de fer. — Tramways. — Automobiles.

Archiv für Eisenbahnwesen (fascicule 1, janvier et février 189.)

1° Loewe. — *Sur la nature légale et économique des voies de raccordement privées.* — Étude de cette question, présentée au point de vue administratif (1re partie).

2° *Une enquête sur les chemins de fer italiens.* — Compte rendu d'une enquête ordonnée, en 1894, par le Ministre des Travaux publics d'Italie sur les conditions financières d'établissement des lignes suivantes : Novara-Pino, Parma-Spezia, Faenza-Florence, Gozzano-Domodossola, environs de Giovi, Sondrio-Colico-Chiavenna, Avezzano-Roccasecca, Benevent-Avellino, Lecco-Como. Ces lignes représentent ensemble une longueur de 514 kilomètres ; leur prix d'établissement s'est élevé à 352.912.750 francs ;

3° *Les chemins de fer exploités par l'État saxon pendant l'année 1896.* — Compte rendu statistique ;

4° *Résultats principaux de la statistique des chemins de fer autrichiens pour les années 1894 et 1895* ;

5° *Les chemins de fer de l'État autrichien pour l'exercice 18..* — Compte rendu statistique ;

6° Rudolf Nagel. — *Les chemins de fer de l'État hongrois pendant l'année 1896.* — Réseau de 11.350 kilomètres de longueur, dont les recettes totales ont atteint 98.234.190 florins (soit 206.290.000 francs) en 1896 ;

7° *Le chemin de fer du Gothard en 1896.* — Longueur, 266 kilomètres ; recettes du trafic voyageurs, 5.805.013 francs ; tonnage des marchandises, 873.100 tonnes. Le prix moyen du transport d'un voyageur kilométrique est de 6cent,73 ; celui d'une tonne kilométrique est de 7cent,43 ;

8° *Les chemins de fer en France en 1895.* — Compte rendu de statistique, d'après les documents publiés par le Ministère des Travaux publics.

hiv für Eisenbahnwesen (fascicule 2, mars et avril 1898) :
• Gustave Cohn. – *Recherches sur l'économie des moyens de rafic.* — Article assez développé, dans lequel l'auteur étudie uccessivement: le but des moyens de trafic, leur nature (voie le terre, de fer et d'eau), leur disposition technique et les prinipes financiers de leur organisation ;

2° Placide Weissenbach. — *La solution de la question des cheins de fer en Suisse* (1re partie). — L'auteur, qui est directeur le la partie administrative du Département des Chemins de fer uisses à Berne, étudie, dans une première partie, l'histoire de a constitution du réseau des chemins de fer suisses de 1848 1884 ;

3° Loewe. — *Sur la nature légale et économique des voies de accordement privées.* — Deuxième et dernière partie ;

4° C. Thamer. — *La récolte des céréales en 1896 et les chemins le fer de l'Allemagne.* — Tableaux statistiques ;

5° Lohler. — *Les chemins de fer en Alsace-Lorraine et les chenins de fer de Guillaume-Luxembourg.* — Compte rendu statisique pour l'année 1896-1897;

6° Tolsdorff. — *Les chemins de fer de l'État prussien pendant l'année 1896-1897.* — Longueur, 27.723 kilomètres; recettes totales, 1.099.449.944 marks (soit 1.374.312.430 francs).

ntralblatt der Bauverwaltung (nos 41, 42 et 43; 9, 16 et 23 octobre 1897) : Otto Sarrazin et Oscar Hossfeld. — *Le Métropolitain électrique de Berlin, de Siemens et Halske.* — La ville de Berlin comporte actuellement un réseau de chemins de fer urbains composé d'une grande artère transversale, la *Stadtbahn*, et d'une ligne circulaire, la *Ringbahn*, qui fait, comme la Ceinture de Paris, tout le tour de la ville. Indépendamment de ce réseau, on construit actuellement une autre ligne transversale à traction électrique établie sur viaduc métallique ; c'est à la description de cette ligne qu'est consacré l'article dont nous rendons compte. Cette ligne, d'une longueur de 10km,150, commence à la station du Jardin Zoologique de la *Stadtbahn* à l'ouest de la ville et se termine à l'est à la *Warschauerstrasse*. Elle est établie avec deux voies de largeur normale sur un viaduc en métal, dont les travées sont supportées par des piliers, également en métal, distants de 16m,50 d'axe en axe ; la largeur totale du viaduc est de 7 mètres. La distance des voies d'axe en axe est de 3 mètres. Un embranchement de la ligne en viaduc

va vers le nord jusqu'à la station de la place de Postdam. En outre, deux autres lignes sont projetées, dont l'une, de la place de Postdam au pont du château, sera en souterrain, et dont l'autre, de cette même place au pont de Köpenick, sera en viaduc et en souterrain.

Centralblatt der Bauverwaltung (n° 47, 20 novembre 1897) : *Le progrès des chemins de fer, au Siam.* — Il existe une ligne de Bangkok à Korat, dont les 70 premiers kilomètres, jusqu'à Ayuthia, ont été ouverts au mois de mars 1897. Une autre ligne, de 160 kilomètres, doit aller de Bangkok à Petchaburi. Bangkok possède aussi un tramway, le seul du royaume de Siam.
—— (N°s 47 et 48, 20 et 27 novembre 1897) : Schalkmann. — *La manœuvre des aiguilles sous les trains.* — La statistique des accidents sur les chemins de fer prussiens montre que 12 0/0 environ des déraillements en gare sont dus à la manœuvre intempestive des aiguilles sous les trains. L'article est consacré à l'examen de quelques systèmes de manœuvre à distance des aiguilles, imaginés en vue d'éviter ces déraillements.

Oesterreichische Monatschrift für der öffentlichen Baudienst (février 1898) : Rudolf Ziffer. — *Les travaux de défense de rives sur les chemins de fer d'intérêt local de Bukowine.* — L'article, accompagné de deux planches d'atlas, est consacré à la description des travaux de défenses de rives exécutés sur les chemins de fer d'intérêt local de Bukowine, dans les Carpathes, où l'on rencontre de nombreux fleuves et torrents, qui ont nécessité d'importants travaux de cette nature. La violence du courant est telle que les hautes eaux de 1888 ont occasionné, sur la section de 67 kilomètres comprise entre Hatna et Kimpolung, une interruption de la circulation qui a duré six semaines et des dégâts dont la réparation a coûté 153.000 florins (soit 321.300 francs).

Organ für die Forschritte des Eisenbahnwesens (1896, fascicule 8) : R. Kuhn. — *Le chauffage à la vapeur des voitures à voyageurs des chemins de fer suisses.* — Description, avec une planche d'atlas à l'appui, de ce système de chauffage, qui est appliqué en Suisse depuis 1882 et qui a été récemment modifié dans les conduites de vapeur.

Organ für die Forschritte des Eisenbahnwesens (1897, fascicule 8) : *Accouplement des wagons système Robinsohn.* — Description, avec une planche d'atlas à l'appui, d'un système d'accouplement automatique des véhicules de chemins de fer, qui se fait par côté et évite aux agents d'avoir à s'introduire entre les véhicules qu'il s'agit de relier.

—— (1897, fascicules 8 et 9) : J. Freiherrn von Engerth et M. Spitz. — *Le cheminement des rails dans les voies de chemins de fer.* — L'article reproduit une communication faite sur ce sujet par les deux auteurs au groupe des ingénieurs de chemins de fer de l'Association des Ingénieurs et Architectes autrichiens. Il discute les résultats donnés par M. Coüard dans la *Revue générale des chemins de fer*, en 1896, et étudie la question au triple point de vue du tracé des lignes et du trafic, de la pose de la voie, du matériel d'exploitation.

——. (1897, 9e fascicule) : Courtin. — *Les nouveaux wagons d'exploitation des chemins de fer de l'État badois.* — Description de cinq locomotives nouvelles, dont deux à cylindres jumeaux et trois destinées au fonctionnement compound.

—— (1897, 9e et 10e fascicules) : L. Neumann. — *Superstructure des chemins de fer de l'État saxon.* — Description d'une voie consolidée, profil no VI, employée sur les chemins de fer de l'État saxon. Le rail pèse 46 kilogrammes le mètre courant ; l'éclisse extérieure cornière, surélevée au droit du joint, a 850 millimètres de longueur ; elle comporte six boulons d'éclisse et se trouve fixée par deux tirefonds sur les traverses contre-joints. Les rails ont 10 mètres de longueur, et le poids total d'acier et de fer compris dans une travée de 10 mètres, posée sur 13 traverses en bois, atteint 1.243kg,48. Cette pose est adoptée sur les voies parcourues par des trains express.

—— (1897, 9e, 10e et 11e fascicules) : Franz Kreuter. — *Projet pour la construction du tunnel du chemin de fer de la Jungfrau.* — L'article, accompagné d'une planche d'atlas, donne la description complète d'un projet d'exécution de la partie en tunnel de cette ligne, d'une longueur de 10 kilomètres environ avec une pente de 250 millimètres et dont les difficultés doivent être très grandes, en raison de l'altitude et du climat. L'étude très complète faite dans ce but prévoit tous les détails d'exécution du tunnel principal, de 4m,70 de largeur sur 4m,20 de hauteur, de la superstructure, de l'éclairage, de l'aération, etc.

—— (1897, 10e fascicule) : Von Borries. — *Les nouvelles locomotives des chemins de fer de l'État autrichien.* — Description, avec

figures dans le texte et planche d'atlas à l'appui, de huit nouvelles locomotives compound employées sur les chemins de fer de l'État autrichien, savoir :

1° Locomotive pour trains express, à deux essieux couplés avec bogie à l'avant; ces machines ont une stabilité telle qu'elles peuvent franchir des courbes de 380 et 475 mètres de rayon avec des vitesses respectives de 85 et 90 kilomètres à l'heure;

2° Locomotive-tender, à cinq essieux, dont trois accouplés; elle est construite en vue du chemin de fer métropolitain de Vienne, qui comporte des rampes de 25 millimètres et des courbes de 150, et même 100 mètres de rayon; elle peut atteindre en ligne droite une vitesse de 92 kilomètres à l'heure;

3° Locomotive à trois essieux couplés destinée à remorquer des trains de marchandises, à la vitesse de 45 kilomètres à l'heure;

4° Locomotive à quatre essieux, dont trois accouplés à l'arrière, pour trains de marchandises et aussi pour trains de voyageurs et express sur les lignes accidentées. Cette machine a réalisé aux essais une vitesse de 78 kilomètres à l'heure;

5° Locomotive à cinq essieux, dont quatre accouplés à l'arrière. Cette machine, qui peut développer un effort de traction de 10 tonnes, est destinée au service des trains express sur les lignes de montagne; elle est établie en vue d'une vitesse maxima de 60 kilomètres à l'heure; mais elle a pu atteindre 84 kilomètres aux essais. Elle remorque des trains de 200 tonnes sur la ligne de l'Arlberg et franchit les courbes de 200 à 250 mètres situées sur cette ligne avec une vitesse de à 45 kilomètres à l'heure;

6°-7° et 8° Petites locomotives compound pour voie normale et voie étroite (1m,106 et 760 millimètres de largeur).

Organ für die Forschritte des Eisenbahnwesens (1897, 11e fascicule) : F. Blazek. — *Appareils de manœuvre à la main pour la sécurité des stations sans installation du Block system électrique.* — Description, avec figures à l'appui, d'un système de leviers de manœuvre à la main des signaux et des aiguilles, applicable aux stations intermédiaires, non munies du Block system.

—— (1897, 11e fascicule) : Dr Victor. — *Rail à patin ou rail à coussinet.* — Quelques mots sur la question de la forme du

rail, sur laquelle les diverses Administrations de chemins de fer sont loin d'être d'accord.

Organ für die Forschritte des Eisenbahnwesens (1897, 11e fascicule) : LOCHNER. — *Locomotive-tender, système Hagans.* — Description détaillée avec une planche d'atlas d'une locomotive-tender à cinq essieux, qui présente une disposition particulière. Les trois premiers essieux sont accouplés à la manière ordinaire et donnent un empattement rigide de 2m,680, égal à la distance du premier au troisième essieu. Les deux essieux d'arrière sont également accouplés entre eux et sont reliés par un système de leviers à la tige du piston moteur, de manière à pouvoir utiliser les cinq essieux de la machine pour l'effort de traction. La longueur totale de la machine est de 11m,910 ; la distance des essieux extrêmes est de 6m,860. Les deux groupes d'essieux peuvent d'ailleurs tourner autour d'un pivot situé à 1m,196 en arrière du troisième essieu. Le poids total de la locomotive en service est de 69T,90 ; le poids adhérent moyen est de 65T,60.

Ce type de locomotive peut remorquer les poids suivants, sur des rampes de 33 millimètres et des courbes de 180 mètres :

265 tonnes à la vitesse de 15 kilomètres à l'heure
110 — — 30 — —

Sur des rampes de 25 millimètres et des courbes de 200 mètres :

270 tonnes à la vitesse de 15 kilomètres à l'heure
160 — — 30 — —

Sur des rampes de 20 millimètres et des courbes de 320 mètres :

320 tonnes à la vitesse de 15 kilomètres à l'heure
210 — — 30 — —

—— (1897, 12e fascicule) : *Locomotive à deux essieux mue électriquement pour voie de* 1m,435. — Description, avec dessins à l'appui, d'une locomotive électrique construite par la Société d'Électricité de Berlin. La machine, portée par deux essieux, pèse 20.000 kilogrammes ; elle prend le courant sur un fil supérieur, de manière à actionner deux dynamos calées sur

les essieux et pouvant donner chacune 110 ampères et 500 vo[lts]
en faisant 840 tours à la minute. La force de traction dis[po]-
nible est de 675 kilogrammes. La machine peut remorquer [en]
palier un train de 120 tonnes à la vitesse de 50 kilomèt[res à]
l'heure.

Organ für die Forschritte des Eisenbahnwesens (1898, fascicu[les]
2, 3 et 4) : MARTIN BODA. — *La théorie du Block.* — L'article, [ac]-
compagné de planches schématiques représentant les stati[ons]
et les appareils, est consacré à une étude détaillée des diver[ses]
combinaisons du Block system, applicables aux différents c[as]
qui peuvent se présenter dans l'exploitation des lignes.

—— (1898, fascicule 1) : *Modifications à la voie « Phœnix » p[our]
tramways.* — Description de quelques modifications appor[tées]
à l'éclissage des rails Phœnix pour tramways. L'article cite [la]
voie des tramways de Hambourg et de Dresde, où des éclis[ses]
recourbées sous le patin du rail ont été appliquées pour re[n]-
forcer le joint.

—— (1898, fascicules 1 et 2) : G. KECKER. — *De l'exploitation [des]
lignes à quatre voies.* — L'article, accompagné de figures [dans]
le texte, est consacré à l'étude des différentes questions q[ue]
soulève l'exploitation des lignes à quatre voies, pour l[es]
aiguilles, les traverses, les gares, etc.

—— (1898, fascicule 3) : KLINKE. — *Accouplement automati[que]
pour véhicules de chemin de fer.* — Description, avec figures [et]
photographies à l'appui, d'un système d'accouplement auto[ma]-
tique des wagons dû à M. Biedermann.

—— (1898, fascicule 3) : VON BORRIES. — *Foyer fumivore p[our]
locomotive système Langer-Marcotty.* — Courte description, av[ec]
une figure, d'un foyer de locomotive dans lequel on lance [un]
jet de vapeur pour faciliter la combustion.

Zeitschrift für Bauwesen (1898, fascicules 4 et 6) : KIEL. —
La reconstruction des gares de Cologne sur le Rhin. — L'arti[cle]
donne la première partie de la description des importants tra-
vaux de reconstruction des diverses installations des gares de
Cologne, qui ont été livrés à l'exploitation successivement
dans ces dernières années et dont la dernière partie, la gare
principale des voyageurs, a été ouverte au mois de mai 1894.
Les dépenses totales effectuées ont atteint la somme de

31.900.000 marks (soit 39.875.000 francs), dont 11 millions de marks (soit 13.750.000 francs) pour les travaux de fondations.

Après un historique du développement des gares de Cologne, l'article donne la description générale des nouvelles dispositions adoptées, qui comportent: la gare principale des voyageurs, située entre la cathédrale et le Rhin, la gare de voyageurs de Cologne-Sud, la gare de voyageurs de Cologne-Est, la gare principale des marchandises de Cologne-Gereon, et deux autres gares aux marchandises, de Cologne-Sud et de la porte de Bonn. Puis l'article donne le détail des dispositions et des travaux de la gare principale. Plusieurs figures dans le texte et trois planches d'atlas accompagnent l'article.

Zeitschrift des Oesterr. Ingenieur und Architekten-Vereines (n° 8, 25 février 1898): GUSTAVE GERSTEL. — *L'exploitation du chemin de fer métropolitain de Vienne.* — Reproduction d'un rapport donnant, avec deux planches d'atlas à l'appui, le programme de l'exploitation des lignes métropolitaines récemment construites à Vienne (Voy. *Annales*, 2e trimestre 1897, *Périodiques allemands*, p. 405). L'auteur insiste sur l'intensité du trafic à desservir à certaines heures de la journée, d'après les exemples tirés des villes de Londres et de Berlin. Il prévoit, dans la période d'été, de cinq heures du matin à minuit, en semaine, les nombres de trains suivants:

Ligne de la vallée de la Vienne (supérieure)..	230	trains
— — (inférieure)...	280	—
Ligne circulaire Sud..........................	110	—
Ligne du quai	270	—
Ligne du Prater............................	120	—
Ligne de ceinture	190	—

Dans la période d'hiver il y aura une certaine réduction du nombre de ces trains.

Les wagons sont à intercommunication et de deux classes seulement, secondes et troisièmes. La vitesse maxima de marche est de 40 kilomètres.

—— (N° 19, 13 mai 1898): ROMAN ABT. — *Le développement de la crémaillère système Abt pendant les dix dernières années en Autriche-Hongrie.* — Il y a actuellement en Autriche-Hongrie huit lignes de chemins de fer à crémaillère du système Abt,

savoir : les lignes d'Eisenez-Vordernberg et de Tiszolcz-Zolyo brezo, qui sont à voie normale et desservent un trafic impo tant ; les lignes de Zarajevoo à Konjica et de Travnik à Bug juon, qui dépendent de l'État de Bosnie-Herzégovine et sont à voie de 76 centimètres ; les lignes du Schafberg et Schneeberg, qui sont des chemins de fer de touristes, à voie 1 mètre ; enfin la ligne de Rima-Murany, de 635 millimè de largeur de voie, et la ligne de la vallée de Hernad en H grie, à voie large, la première exploitée par l'électricité, seconde par la vapeur.

La longueur totale de ces lignes est de 180 kilomètres, do 63 kilomètres à crémaillère.

L'article donne de nombreux détails sur la crémaillère et machines employées à l'exploitation de ces lignes.

VII. — Génie rural. — Assainissement. — Distribution d'eau.

Allgemeine Bauzeitung (1898, 2e fascicule) : Thomas Hofer. *L'aqueduc de la vallée de la Vienne et l'étang de Tullnerbach.* Très long article, accompagné de nombreuses figures dans texte et de six planches d'atlas, consacré à une descript détaillée des travaux exécutés pour l'établissement de l'aque de la vallée de la Vienne, et pour la construction de l'étang Tullnerbach, connu sous le nom de « Réservoir de Wolfs ben », près de Vienne.

L'idée de l'établissement d'un étang sur le cours de la Vienne en vue d'amener ses eaux à la ville, n'est pas nouvelle, l'auteur rapporte les diverses phases par lesquelles est pass la question avant d'aboutir à la solution actuelle, dont le pro jet d'ensemble comprend la construction de quatre étangs embrassant une superficie totale de bassin de 109 kilomètres carrés, parmi lesquels se trouve l'étang de Tullnerbach, de 53 kilomètres carrés. Chacun de ces étangs doit être clos par une digue en terre ayant 5 mètres de largeur en couronne arasée à 1 mètre au-dessus du niveau des plus hautes eaux.

L'article donne tous les détails de l'établissement de l'étang de Tullnerbach, terminé en 1897, ainsi que des travaux acces soires de déviation de la Vienne, de canaux, d'écluses, etc.

La concession des travaux dont il s'agit a été faite pour quatre-vingt-dix-neuf ans, à partir du 1er juin 1880, à la Société des Eaux de Vienne.

Zeitschrift des Oesterr. Ingenieur und Architekten-Vereines (n° 4, 28 janvier 1898) : P.-K. — *La construction du collecteur sur la rive droite du canal du Danube, à Vienne.* — Compte rendu, avec figures à l'appui, des travaux d'établissement d'une section de collecteur d'eau de la rive droite du canal du Danube, sur une longueur de 491 mètres, avec une section voûtée de 2^{m},25 de hauteur sur 2^{m},90 de largeur.

VIII. — MACHINES.

Zeitschrift des Oesterr. Ingenieur und Architekten-Vereines (n° 6, 11 février 1898) : A. SCHROMM. — *Accouplement magnétique (système de Bovet).* — Description, avec figures à l'appui, d'un système d'accouplement de pièces de machines et d'engrenages, au moyen du passage d'un courant électrique qui aimante une pièce de fer convenablement disposée, de manière à réaliser l'accouplement. Ce système a été employé depuis 1896 dans plusieurs installations, notamment aux chemins de fer du Nord, aux chemins de fer Paris-Lyon-Méditerranée, à l'usine Menier à Noisiel, par la Compagnie de Touage de la basse Seine et de l'Oise, pour l'éclairage électrique de Paris (secteur des Champs-Élysées), etc. La force en chevaux pour 100 tours varie depuis 10 jusqu'à 830 chevaux.

—— (N° 10, 11 mars 1898) : FRITZ KRAUSS. — *Le nouveau moteur de Diesel.* — Description détaillée, avec figures à l'appui, du nouveau moteur thermique de M. Diesel (Voy. aussi la *Schweizerische Bauzeitung*, septembre 1897).

—— (N° 12, 25 mars 1898) : GEORGES WELLNER. — *Remarques critiques sur la théorie et la construction des nouvelles machines à gaz et sur le moteur de Diesel.* — L'auteur étudie le diagramme et le fonctionnement en général des machines à gaz, puis il s'occupe spécialement du nouveau moteur inventé par M. Diesel, qui est à quatre temps. Il conclut que, lorsque l'on prend l'air et le gaz dans des réservoirs séparés, il y a lieu de recommander l'emploi des pressions supérieures à 10 atmosphères.

—— (N° 14, 8 avril 1898) : SCHROMM. — *Les progrès dans la construction des bateaux depuis cinquante ans.* — L'auteur résume une étude de M. *Ridgely Hunt* sur cette question ; il s'occupe particulièrement des machines et donne le dessin comparatif d'une machine de bateau d'une puissance de 1.000 chevaux en

1874 et en 1896. La hauteur de la première est à celle de la seconde dans le rapport de 2,75 à 1.

Zeitschrift des Oesterr. Ingenieur und Architekten-Verein (nos 17 et 18; 29 avril, 6 mai 1898) : L. Czischek. — *Les automobiles.* — Étude comparative, avec figures à l'appui, des divers systèmes de voitures automobiles actuellement employées. L'auteur les divise en quatre groupes principaux, suivant qu'ils emploient l'énergie mécanique, calorique, chimique ou électrique. Il donne les diagrammes des diverses machines; il fait connaître le travail qu'elles produisent par rapport à leur poids. G. H.

IX. — Électricité appliquée.

Elektrotechnische Zeitschrift (7 avril 1898) : F.-A. Kubierski. — *Le frein magnétique de la Compagnie Union.* — La Compagnie allemande d'électricité Union, de Berlin, construit pour des voitures de tramways un frein magnétique analogue à celui de la Compagnie Thomson-Houston, mais à inducteurs multipolaires. L'auteur décrit ce système avec plusieurs illustrations. L'inducteur fixé au truck est en acier coulé, l'armature calée sur l'essieu est en fonte; l'usure due au frottement, et qui ne dépasse pas 1 à 2 millimètres d'épaisseur par an, se reporte exclusivement sur cette dernière pièce, qu'il est facile de remplacer.

—— (14 avril 1898) : J. Werther. — *Le chemin de fer électrique à voie étroite de la fabrique de sucre Groenendijk à Breda (Hollande).* — Cette petite ligne industrielle, construite par la maison Arthur Koppel de Berlin-Bochum, est destinée au transport des betteraves entre le port de débarquement et la fabrique distante de $2^{km},5$; en sept heures elle transporte chaque jour 170.000 kilogrammes ; la voie, de 600 millimètres, est en rails Vignole; une locomotive de 16 chevaux, pesant 3.300 kilogrammes, remorque un train de douze wagonnets de 2 mètres cubes. A la fabrique, pendant le déchargement, on aiguille la locomotive, et celle-ci reconduit les wagons vides au port, où elle s'attèle à un autre train chargé pendant le précédent voyage. La vitesse est de 14 km : h. pour le train chargé, 17 km : h. pour le train vide. Les rampes atteignent 1,7 0/0; les courbes, très raides, s'abaissent ordinairement à $9^{m},50$ de rayon.

La locomotive est munie de deux moteurs et d'un régulateur série-parallèle, la distribution de courant se fait par fil aérien et archet.

Elektrotechnische Zeitschrift (21 avril 1898) : *Distribution électrique à courants continus et triphasés dans un entrepôt.* — Cette installation, exécutée dans un entrepôt de la Export und Lagerhaus Gesellshaft, à Hambourg, par la Compagnie électrique Union, présente un certain intérêt par la combinaison rationnelle qu'elle présente des courants continus et triphasés; les premiers sont employés pour l'éclairage avec le concours d'une batterie d'accumulateurs, les seconds pour la manœuvre des treuils. L'usine génératrice comprend un moteur à vapeur de 100 chevaux à 120 tours, actionnant par courroie une dynamo triphasée à 8 pôles donnant 75 kilowatts à 60 périodes sous la tension de 220 — 240 volts entre fils ; un moteur synchrone branché sur le circuit triphasé actionne une dynamo génératrice à courant continu de 20 kilowatts, à excitation shunt, aux bornes de laquelle est reliée une batterie de 120 éléments, donnant 288 ampères-heures, et 96 ampères de débit maximum.

Cette batterie sert, d'une part, à l'éclairage et à l'excitation des diverses dynamos ; d'autre part, pendant les heures de faible charge pendant lesquelles on arrête la machine, notamment la nuit, elle se décharge dans la dynamo qui entraîne le moteur synchrone et lui fait débiter l'énergie nécessaire au service des treuils. Pendant cette période de service réduit, l'usine n'a besoin d'aucun personnel, et on abandonne les machines à elles-mêmes. Les moteurs polyphasés actionnent des treuils fixes et mobiles, dont quelques-uns placés sur des chalands, des grues, etc. Au-dessous de 10 chevaux, leurs armatures sont à cage d'écureuil ; au-dessus, elles sont munies de résistances de démarrage avec bagues de court circuit.

Cette installation fonctionne de la façon la plus satisfaisante.

—— (28 avril 1898) : Emil Dick. — *Système Dick pour l'éclairage électrique des trains.* — Dans les systèmes les plus ordinairement employés, le courant nécessaire à l'alimentation des lampes à incandescence est fourni par des accumulateurs transportables placés sous les trucks et qu'on doit retirer pour les recharger ; il en résulte une manutention coûteuse et défavorable pour la conservation des accumulateurs. Il se produit quelquefois des erreurs, pendant le changement de

batteries, et, dans ce cas, au bout de peu de temps, la lumièr vient à manquer.

Pour éviter ces inconvénients, on est naturellement co duit à charger la batterie pendant la marche du train à l'ai de dynamos entraînées par les essieux et convenableme réglées par des procédés automatiques. D'après l'auteur, nouveau système serait très supérieur à ceux qui ont imaginés déjà dans le même but; il serait moins encombra plus sûr, plus simple, plus précis comme régulation ; il coû rait peu d'installation et d'entretien. Il est en essai dep cinq mois sur un train composé de douze voitures et d'u fourgon à bagages, circulant sur la ligne de Vienne à Sai Pölten.

Sous chaque voiture est une batterie, suspendue dans caisse fermée, à la manière ordinaire ; il existe pour tout train une seule dynamo suspendue à l'essieu comme un mo de tramways, avec son train d'engrenages (au rapport 1 : Les appareils nécessaires pour maintenir constante la tens de la dynamo malgré les variations de vitesse et pour la me en circuit ou hors de circuit en temps voulu sont logés la voiture au-dessus de ladite machine et n'exigent qu'un esp très restreint. Les batteries se chargent pendant le jour l'aide d'une canalisation générale, et sous un faible co très favorable à sa conservation ; pendant la nuit, la plus gra partie de l'énergie consommée par les lampes est fourn directement par la dynamo ; celle-ci n'est mise hors de cir que pendant les arrêts et aux vitesses moindres que 25 km

Dynamo. — La dynamo à quatre pôles du type cuirassé est à fait semblable à un moteur de tramway. La puissance ab bée sur l'essieu varie de 6 à 12 chevaux ; elle fonctionne étincelles, et le voltage reste constant entre la vitesse de 25 80 km : h. correspondant à 530 et 1.700 tours de l'arbre ; ce qu exigé un choix bien raisonné des éléments de constru magnétiques et électriques.

La régulation automatique est réalisée à l'aide de dispo tions ingénieuses que représente schématiquement la fig.

Commutateur automatique du courant. — A l'arrêt, l'excita de la dynamo en dérivation est fournie par la batterie ; le se du courant induit à la mise en marche dépend du sens de marche du train ; pour qu'il soit de même direction dans circuit des voitures, on emploie un premier commutateur formé d'un arbre commandant trois leviers isolés, à deu

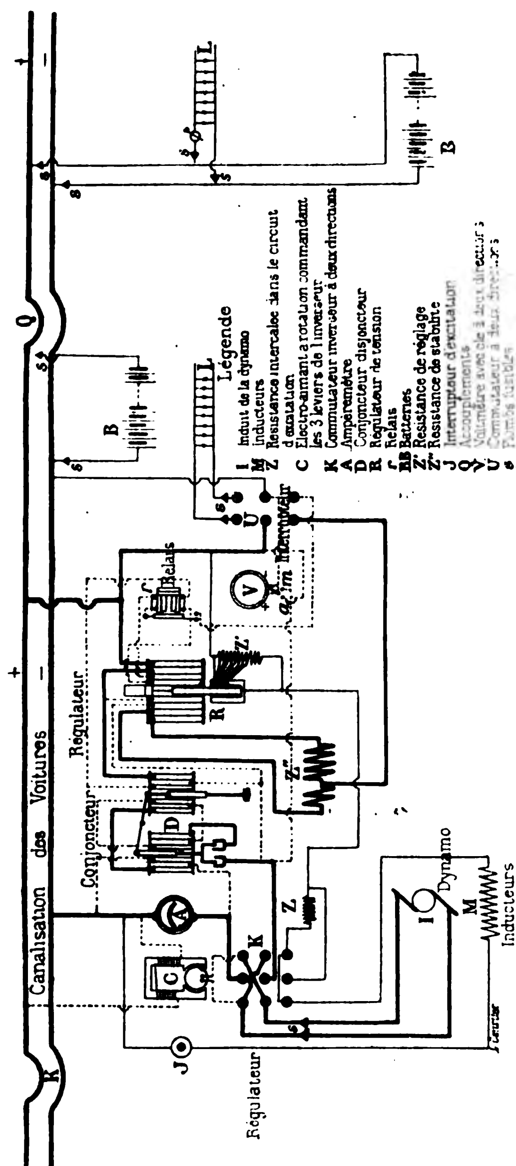

Canalisation des Voitures
Régulateur
Conjoncteur
Relais
Interrupteur
Dynamo
Inducteurs
Légende
I Induit de la dynamo
M Inducteurs
Z Résistance intercalée dans le circuit d'excitation
C Électro-aimant à rotation commandant les 3 leviers de l'inverseur
K Commutateur inverseur à deux directions
A Ampèremètre
D Conjoncteur disjoncteur
R Régulateur de tension
r Relais
BB Batteries
Z' Résistance de réglage
Z'' Résistance de stabilité
J Interrupteur d'excitation
Q Accouplements
s Plombs fusibles

Fig. 1.

directions, et actionné par un électro C, du type dynamo, exci
en dérivation par la batterie. Sur la figure, les neuf points ma
qués en K représentent neuf contacts ; la manœuvre relie re
pectivement les trois contacts du milieu aux trois contacts
droite ou aux trois contacts de gauche ; on voit que, suiv
celle de ces deux positions qui est réalisée, le courant va d
un sens ou dans l'autre ; en même temps, dans les deux po
tions en court circuit, les touches du bas mettent la résista
supplémentaire Z intercalée dans le circuit d'excitation po
réduire la dépense de courant pendant les stationnements. L
assez faible courant, produit par la dynamo et pris en déri
tion aux bornes de celle-ci, suffit pour actionner le commu
teur C, rappelé cependant dans sa position neutre par un lo
contrepoids, qui le maintient assez stable malgré les trépi
tions.

Conjoncteur-disjoncteur. — La mise en circuit de la dyna
sur le réseau d'éclairage n'a lieu que lorsque celle-ci a un v
tage d'au moins 120 volts ; elle est alors produite par un co
joncteur-disjoncteur D. Ce dernier est formé d'une bala
cylindres de fer doux plongeant dans deux solénoïdes ;
cylindres portent à droite un contrepoids de réglage, à gau
un cavalier plongeant dans des godets de mercure. Les s
noïdes ont trois enroulements compoundés, l'extérieur, en g
fil, est en série sur le circuit principal ; les deux autres, en
fin, sont branchés respectivement en dérivation sur la ca
sation et aux bornes de la dynamo. L'enroulement inté
polarise les noyaux d'une manière constante ; le second dé
mine la mise en circuit ou hors circuit de la machine dès q
la vitesse atteint 25 km : h., lorsque le commutateur a bien fo
tionné ; l'action du courant renforce alors l'action du seco
enroulement ; mais, lorsque le courant vient à s'inverser,
agit en sens opposé et le disjoncteur s'ouvre automatiquem

L'expérience de plusieurs mois a montré que les godets
mercure ne sont le siège d'aucun arc ni d'étincelles exagéré
malgré les ruptures fréquentes du circuit ; il se produit seule
ment un peu de sifflement à la fermeture.

Régulateur automatique de tension. — Le régulateur R cons
en un solénoïde à quatre enroulements compoundés, qui attire
un noyau plongeant dans une cuve à mercure dont les par
sont formées d'anneaux de tôle découpés, séparés par des feuil
de mica et reliés à divers points d'un rhéostat Z'.

Les quatre enroulements, qui ont des actions concordantes,

sont enroulés, les deux intérieurs en fil fin, et les deux extérieurs en gros fil. Le premier est constamment en dérivation sur les bornes de la dynamo; le second entre en jeu, sous l'effet du relai *r*, seulement lorsque la charge des accumulateurs est terminée ; le troisième est inséré dans le circuit de la dynamo pendant la charge; le quatrième n'est ajouté en circuit que pendant l'alimentation directe des lampes, comme on l'expliquera ci-dessous.

Ce régulateur assure la constance presque complète du courant de charge, bien que la vitesse varie entre 500 et 1.700 tours par minute. La résistance Z' sert à amortir les à-coup produits par la mise brusque en circuit de la dynamo au moment où fonctionne le conjoncteur ; on met en circuit seulement la partie gauche de cette résistance pendant la charge des batteries.

Le relai *r* a pour but de réduire, comme on vient de l'expliquer, l'excitation de la dynamo, une fois la charge des accumulateurs effectuée ; il consiste en un électro en fer à cheval qui attire son armature lorsque le voltage de la batterie dépasse 2,5 volts par élément. Cette armature ferme le deuxième circuit du régulateur sur la machine et augmente l'ascension de son plongeur ; il en résulte un affaiblissement d'excitation qui ramène la tension à 2 volts. Les appareils qu'on vient de décrire assurent automatiquement la charge des batteries en dehors des heures d'éclairage.

Une fois la charge des batteries achevée, le régulateur a pour rôle de maintenir la tension dans la canalisation entre 2 et 2,1 volts par élément, et d'éviter ainsi toute surcharge des batteries.

Commutateur des lampes. — Lorsqu'on veut allumer les lampes, on ferme sur elles le commutateur V, ce qui a pour effet de mettre le relai hors du circuit et d'intercaler la résistance totale Z' et le quatrième enroulement du régulateur en série avec la dynamo. Celle-ci se règle toujours automatiquement et fournit à peu près tout le courant, sauf aux arrêts, où les batteries assurent seules l'éclairage. Pendant la marche, elles contribuent surtout à rendre l'éclairage fixe par la constance du voltage.

Les treize voitures du train contiennent en tout quatre-vingt-cinq lampes de 16, 10 et 5 bougies, avec appareillage du type tramway, donnant en tout 730 bougies (moyenne 8,6 bougies par lampe) et consommant normalement 20 ampères sous 112 volts,

soit, en chiffre rond, 2.260 watts (3,4 watts par bougie). Comme, pendant la marche en parallèle, la dynamo fournit une tension maxima de 148 volts, la différence 148 — 112 = 36 volts doit être absorbée par la résistance Z' ; on lui donne pratiquement 2 ohms. La répartition des courants entre la machine (courant I; force électromotrice E; résistance totale R + Z'), et la batterie (courant i, force électromotrice e, résistance r) est fixée à chaque instant par les relations

$$\begin{cases} E - (R + Z')I = e - ri \\ I + i = 20. \end{cases}$$

La *fig.* 2 indique les valeurs des courants I et i ainsi déterminées pour les diverses tensions de la dynamo; la surface hachée indique les limites entre lesquelles peut varier la tension aux bornes des lampes.

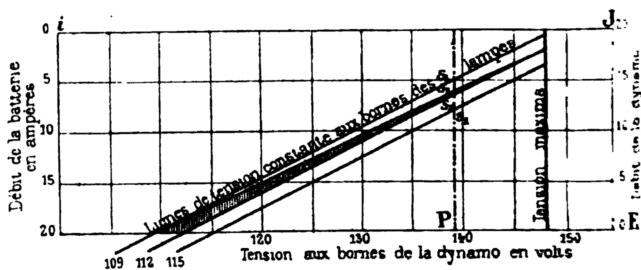


Fig. 2.

On constate que les variations de voltage ne dépassent pas 2,5 0/0.

Chaque voiture a une batterie de 57 éléments de 25 ampères-heures, pouvant supporter un régime de charge de 3 ampères et alimenter les lampes de la voiture, pendant huit heures. Les lampes de chaque voiture, dont deux de 5 bougies sur les plateformes, sont mises en circuit à volonté par le chef de train, à l'aide d'un commutateur enfermé dans une boîte close placée à une extrémité du wagon.

Elektrotechnische Zeitschrift (12 mai 1898) : Essberger. — *Outillage électrique des navires.* — L'auteur décrit deux séries d'appareils construits par la Compagnie d'électricité Union : des

transmetteurs d'ordre et des appareils de levage pour les manutentions à bord. Les premiers, d'une ingénieuse simplicité, consistent dans la combinaison d'un voltmètre à deux directions servant de récepteur avec un potentiomètre à trois bornes servant de transmetteur; il y a deux fils seulement pour la transmission. Le voltmètre du type Weston, très apériodique, porte les indications correspondant à celles du transmetteur.

Quant aux treuils et engins de levage, ils ne présentent que peu de particularités spéciales, mais ils sont très judicieusement étudiés. Il convient de signaler surtout le très ingénieux dispositif de manœuvre qui fait commander deux régulateurs et par suite deux moteurs à la fois par un seul levier. Un des appareils les plus intéressants de cette série, c'est l'appareil de commande de gouvernail, que nous avons déjà signalé antérieurement. Il consiste en deux moteurs placés avec leurs arbres en prolongement et attaquant en sens inverse un engrenage différentiel. Ces deux moteurs tournent constamment ; si leurs vitesses sont égales, la roue satellite reste immobile ; il suffit de faire varier, au contraire, la vitesse de l'un d'eux par un rhéostat d'induit pour mettre en mouvement cette roue qui commande le gouvernail. L'auteur justifie cette combinaison en montrant que, malgré sa complication apparente, elle est, en réalité, plus simple que toutes celles qu'on a employées ou proposées jusqu'ici.

Elektrotechnische Zeitschrift (12 mai 1898) : Stobrava. — *Mesure d'isolement des lignes de traction.* — L'auteur décrit un système très simple pour la mesure grossière de l'isolement d'une section qui vient d'être mise hors de circuit par un disjoncteur automatique. Ce n'est, en définitive, qu'un indicateur de terre à dix lampes, dont le point milieu est réuni à la section à étudier.

—— (12 mai 1898) : Ludwig Kohlfurst. — *Cloches électriques pour passages non gardés.* — L'auteur donne une longue description, avec figures d'un nouveau système de cloches ; l'article ne se prête pas à une analyse.

—— (2 juin 1898) : Dr Mullendorff. — *Le labourage électrique.* — Depuis quelques années, la maison d'électricité Fritsche et Pischon, de Berlin, s'est associée avec la fabrique d'instruments agricole de Zimmermann, à Halle, pour l'étude de charrues électriques et de leurs accessoires. Elles sont arrivées à produire aujourd'hui un matériel très perfectionné, que l'auteur

décrit avec de nombreuses illustrations. C'est un système à charrue automotrice ; la prise de courant se fait par un petit chariot courant au-dessous d'un câble porté par des supports amovibles. La charrue, à deux directions, est actionnée par un moteur cuirassé à courant continu très léger, muni d'un double train d'engrenages.

Une charrue à deux socs ainsi équipée pèse, au total, 5.329 kilogrammes, et une charrue à trois socs 6.719 kilogrammes.

Les dépenses d'exploitation sont évaluées comme il suit, en marks, par jour de travail :

	2 socs	3 socs	4 socs
Intérêt et amortissement du capital.....	2.100	2.750	3.300
Frais d'exploitation....................	900	950	1.250
Dépense de courant......................	2.500	3.750	5.000
Total...........	5.500	7.450	9.550
Dépense par journal.....................	5,50	4,97	4,78

la surface travaillée étant de 1.000, 1.500 et 2.000 journaux respectivement.

Elektrotechnische Zeitschrift (9 juin 1898) : *Développement des réseaux téléphoniques généraux en Allemagne.* — Statistique détaillée, avec cartes et tableaux.

A. B.

X. — Architecture.

Allgemeine Bauzeitung (1898, 1er fascicule) : Alois Koch. — *La nouvelle école supérieure d'agriculture à Vienne.* — Compte rendu, avec cinq planches d'atlas à l'appui, des travaux de ce nouveau bâtiment, qui présente une surface utile de 6.816 mètres carrés, alors que l'ancien n'en avait que 3.422. Les dépenses se sont élevées à 665.000 florins (soit 1.396.500 francs).

—— (1898, 1er fascicule) : A. Dumas. — *Les nouveaux palais des Champs-Élysées à Paris.* — Compte rendu, avec trois planches d'atlas à l'appui, des dispositions adoptées pour les nouveaux palais des Beaux-Arts, actuellement en construction dans les Champs-Élysées, à Paris.

Allgemeine Bauzeitung (1898, 2e fascicule) : ZDENKO RITTER SCHUBERT V. SALDEM. — *Les monuments de Samarkande.* — Compte rendu, avec de nombreuses figures dans le texte et trois planches d'atlas de photogravures, d'un voyage architectonique exécuté par l'auteur à Samarkande, la ville que les Orientaux appellent, dans leur langage fleuri, le Paradis de la Terre.

—— (1898, 2e fascicule) : GUSTAVE SACHS. — *Projet pour une église grecque orientale à Rosch.* — Description, avec quatre planches d'atlas à l'appui, d'un projet d'église paroissiale à établir dans le style grec oriental, à Rosch, un faubourg de Czernowitz. Dépense prévue : 30.500 florins (soit 64.050 francs).

Centralblatt der Bauverwaltung (n° 49, 4 décembre 1897) : OTTO SARRAZIN et OSCAR HOSSFELD. — *Le nouveau bâtiment de la prison de Carlsruhe.* — Description, avec figures à l'appui, de ce bâtiment à trois étages avec grandes cours intérieures et de plus de 80 mètres de façade. Le prix de la construction, non compris les terrains et les frais d'études, s'est élevé à 565.885 marks (soit 707.350 francs).

Oesterreichische Monatschrift für den öffentlichen Baudienst (octobre 1897) : M. et C. HINTRÄGER. — *Le palais de justice et la prison de Böhm-Leipa.* — Compte rendu, avec cinq planches d'atlas à l'appui, des travaux de ces deux constructions établies dans le même enclos. Dépense totale : 456.000 florins (soit 957.600 francs).

—— (Novembre 1897) : FRANZ JACOB SCHMIDT. — *L'église métropolitaine des Saints Rupert et Virgile, à Salzbourg, à l'époque romane.* — Étude historique de cette église, accompagnée de nombreuses figures dans le texte.

—— (Mars 1898) : FRANZ JACOB SCHMIDT. — *L'ancienne église collégiale du Saint-Esprit et la bibliothèque palatine à Heidelberg.* — Étude historique et description de ces monuments qui sont fort anciens.

—— (Avril 1898) : A. Z. — *Le château de Herrenchiemsee, sa décoration et son ornementation.* — Sur la ligne de Munich à Salzbourg, se trouve, au pied des Alpes, le plus grand des lacs bavarois, la Chiemsee, aussi appelé la mer Bavaroise ; il contient trois îles : la Herreninsel, la Fraueninsel et la Krautinsel. C'est dans la

première que se trouve le château de Herrenchiemsee, l'une des constructions les plus fastueuses du roi Louis II, sur le modèle du château de Versailles, qu'il a laissé inachevé. L'article, accompagné de figures et d'une planche d'atlas, est consacré à l'ornementation de ce château, exécutée récemment.

Oesterreischiche Monatschrift für den öffentlichen Baudienst (mai 1898) : HEIMANN. — *Archives et bibliothèque de la ville de Cologne.* — Compte rendu, avec trois planches d'atlas à l'appui, des travaux de construction du monument contenant la bibliothèque et les archives de la ville de Cologne. Dépense totale : 588.140 marcks (soit 735.175 francs, dont 237.500 francs pour les fondations).

Zeitschrift für Architekten und Ingenieur vereines (1898, 1er fascicule) : SOMMERSCHUH et RUMPEL. — *La nouvelle construction de la banque de Dresde.* — Compte rendu, avec nombreuses figures dans le texte et une planche d'atlas, des travaux de cette importante construction, qui ont duré deux ans et coûté 1.500.000 marks (soit 1.875.000 francs). Le prix de revient par mètre carré de surface est de 1.250 francs.

Zeitschrift für Bauwesen (1898, fasc. 1 à 3) : HASAK. — *La nouvelle banque de Cologne.* — Compte rendu, avec nombreuses figures dans le texte et quatre planches d'atlas, des travaux de cet important monument, construit, dans le style ogival, de l'été de 1894 au mois de mai 1897.

—— (1898, fascicules 1 à 3) : P. WITTIG. — *La bibliothèque du Reichstag, à Berlin.* — Compte rendu, avec figures dans le texte et trois planches d'atlas, des dispositions de la bibliothèque établie dans les nouveaux bâtiments du Reichstag, en vue de contenir environ 320.000 volumes.

—— (1898, fascicules 4 à 6) : *Le nouveau palais du Gouvernement à Osnabrück.* — Compte-rendu, avec trois planches d'atlas à l'appui, des travaux du nouveau palais du gouvernement, établi de 1893 à 1896, à Osnabrück. Dépense totale : 552.000 marks (soit 690.000 francs).

—— (1898, fascicules 4 à 6) : P. LEHMGRUBNER. — *La façade principale de l'hôtel de ville de Bocholt.* — Étude des formes archi-

tecturales de ce monument qui date de la Renaissance. — Figure et planche jointe à l'article.

Zeitschrift für Bauwesen (1898, fascicules 4 à 6): *L'École royale des Arts industriels à Nuremberg.* — Compte rendu, avec figures et quatre planches d'atlas à l'appui, des travaux de ce monument, dont la construction a duré trois années, et dont le prix s'est élevé à 893.000 marks (soit 1.116.250 francs).

Zeitschrift des Oesterr. Ingenieur und Architekten-Vereines (n° 11, 18 mars 1898) : *L'hôpital d'Alland près Bade.* — Compte rendu, avec figures et une planche d'atlas à l'appui, des travaux de ce monument.

—— (Nos 12 et 13 ; 25 mars et 1er avril 1898) : HERMANN BERANECK. — *Les bains municipaux à Vienne.* — Compte rendu, avec figures à l'appui, de plusieurs établissements de bains populaires construits dans différents districts de la ville de Vienne. L'établissement de bains du 16e district a coûté 72.089 florins, soit 151.390 francs, y compris tous les aménagements intérieurs.

—— (Nos 13 et 14 ; 1er et 18 avril 1898) : AUGUSTE PROKOP. — *Le palais du Parlement à Budapest et parallèle avec d'autres Parlements.* — Description, avec figures et une planche de texte, du palais du Parlement de Budapest et comparaison des dispositions de ce monument avec celles des autres Parlements d'Europe, Londres, Paris, Berlin, Rome, Vienne, Washington, etc. Le palais du Parlement de Budapest, actuellement en construction, rappelle un peu, par son aspect extérieur, le palais de Westminster ; les dépenses prévues s'élèvent à 12.500.000 florins (soit 26.250.000 francs). Les dépenses de construction du palais du Reichstag, à Berlin, se sont élevées à 13.332.200 florins (soit 27.997.600 francs).

G. H.

PÉRIODIQUES ANGLAIS.

II. — Matériaux et Procédés généraux de construction.

Street Railway Journal (mai 1898) : *Manière de courber les bois.* Description d'un procédé simple pour courber les bois, employé dans des ateliers de construction de voitures de chemins de fer.

III. — Routes, Ponts et Viaducs.

The Engineering Record (16 avril 1898) : *Construction du pont de Topeka.* — Cet ouvrage (*fig.* p. 397) franchit la rivière de Kas Topeka (Kansas) et est construit pour remplacer un ancien pont hors de service.

La longueur totale est de 196^{m},58 et comporte cinq arches dont les ouvertures sont de 29^{m},72 pour les arches de rive, de 38^{m},09 pour l'arche centrale et de 33^{m},53 pour les arches intermédiaires. Toute la construction est en béton de ciment de Portland; les voûtes sont armées au moyen de douze arcs en acier noyés dans la maçonnerie; le poids de l'acier mis en œuvre ne dépasse pas 140 tonnes.

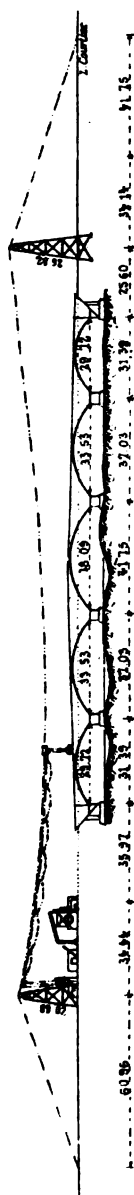
Presque tous les matériaux mis en œuvre ont été approvisionnés sur l'une des rives et sont transportés jusqu'au lieu d'emploi au moyen d'un câble funiculaire établi au-dessus de l'emplacement du pont.

Les travaux, commencés en août 1896, ont été terminés en octobre 1897; la dépense a atteint 750.000 francs.

—— (Mars, mai 1898) : *Des ponts tournants.* — Cette longue série d'articles, accompagnée de nombreux croquis, est extraite d'un ouvrage de M. Est Wright de Wilmington et passe en revue les différents types de ponts tournants en usage aux États-Unis.

IV. — Navigation intérieure.

American Society of civil Engineers (avril 1898) : B.-F. Thomas. — *Des barrages mobiles.* — L'auteur consacre un long mémoire à la description des différents types de barrages



Élévation.

Section WW.

Section longitudinale.

Pont de Topeka.

mobiles en usage en France, en Belgique et aux États-Unis. Il s'arrête en particulier sur le nouveau barrage de Louisa sur la rivière Big-Sandy.

Ce barrage comporte une écluse de 15m,85 de largeur et de 77m,72 de longueur totale, une passe navigable de 39m,62 et un déversoir de 42m,67, séparé de la passe navigable par une pile de 3m,657. La hauteur de chute normale est de 3m,96.

Pour réduire le coût de l'ouvrage, la partie fixe du déversoir n'a pas été exécutée entièrement en maçonnerie ; le noyau est constitué en enrochements, pris entre deux murs de béton.

Les fermettes (*fig.* 1) de la passe navigable sont au nombre de trente et un et espacées de 1m,22 d'axe en axe ; leur hauteur est de 4m,62 et leur poids de 517kg,096. Celles du déversoir, au nombre de trente-quatre, présentent le même espacement et ont seulement 2m,95 de hauteur et un poids de 417kg,306.

La traverse inférieure des fermettes est supprimée, afin de diminuer la hauteur qu'elles occupent sur le radier après avoir été couchées.

Les aiguilles ont 0m,305 de largeur; celles de la passe ont 4m,34 de longueur, 0m,216 d'épaisseur à la base et 0m,114 en crête ; leur poids atteint 119kg,295 ; celles du déversoir ne pèsent pas 36kg,287.

La manœuvre d'abatage et de relevage des fermettes s'opère très rapidement au moyen d'un système de chaînes et de roues dentées ; les fermettes de la passe ou du déversoir peuvent être relevées en vingt minutes.

La mise en place des lourdes aiguilles de la passe nécessite l'emploi d'une grue à vapeur disposée sur le bateau de manœuvre.

L'enlèvement des aiguilles s'opère avec rapidité au moyen d'un treuil à vapeur disposé soit sur la rive, soit sur le bateau de manœuvre qui actionne une chaîne parallèle au barrage et à laquelle sont reliées toutes les aiguilles ; le temps de l'enlèvement des aiguilles est alors extrêmement court, et celles-ci flottent à la surface de l'eau, d'où elles sont ultérieurement retirées.

En terminant, l'auteur propose un nouveau système de barrage (*fig.* 2), applicable aux retenues de hauteur moyenne, et dans lequel est supprimé l'emploi d'aiguilles, de rideaux, ou de vannes de toutes espèces ; le barrage est alors uniquement constitué par les fermettes. Celles-ci présentent la forme d'un A et sont distantes de 0m,61 d'axe en axe ; elles portent un bordé ayant une largeur égale à leur écartement; lorsqu'elles sont

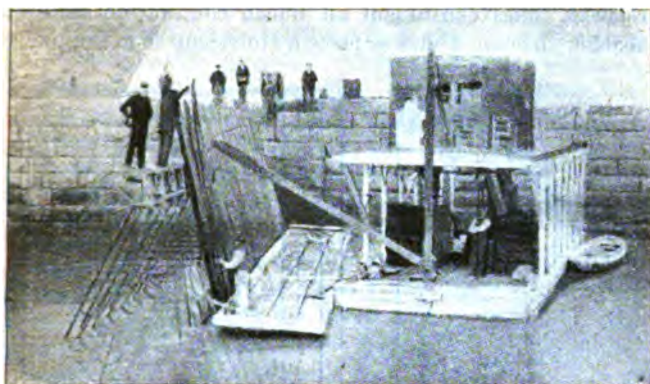




Fig. 1.

relevées, elles constituent un rideau continu; lorsqu'on les abaisse, chacune d'elles se place à l'intérieur de la suivante, de

Fig. 2.

telle sorte que la saillie du barrage abaissé, sur le fond de la chambre des fermettes n'est que de $0^m,61$. La manœuvre, dont il est facile d'imaginer le dispositif, s'opère facilement de la rive.

Engineering News (28 avril 1898) : F.-B. MALTBY. — *Construction de l'écluse n° 1 de la rivière Osage (Missouri).* — Cet ouvrage, situé à 11^{km},265 de l'embouchure de l'Osage, a 84^{m},12 de longueur totale; le sas a 67^{m},05 de longueur entre les buscs des écluses et 12^{m},80 de largeur utile. La chute maxima est de 3^{m},04 et la hauteur des bajoyers au-dessus du radier atteint 8^{m},23.

L'écluse est entièrement en béton; le radier, qui n'a que 0^{m},91 d'épaisseur, repose sur des pilotis distants de 1^{m},22 d'axe en axe. Les bajoyers ont 4^{m},26 de largeur à la base et 1^{m},52 en crête. Le béton se compose de 1 partie de ciment pour 2 de sable et 3 1/2 de gravier. Le prix moyen de revient du béton mis en place a été de 27 fr. 15 se répartissant ainsi :

	Francs.
Ciment	11,42
Sable	1,86
Gravier	2,66
Façon du béton	5,46
Mise en place du béton	5,36
Divers	0,39
TOTAL	27,15

V. — TRAVAUX MARITIMES.

American Society of civil Engineers (mars 1898) : J. RITCHIE. — *Construction de la forme de radoub de Lorraine (Oregon) et du chantier de construction de la Cleveland Ship-Building.* — La forme de radoub de Lorraine a 170^{m},68 de longueur totale et 152^{m},40 de longueur sur tins, 29^{m},87 de largeur en crête et 17^{m},98 de largeur au plafond ; sa hauteur est de 6^{m},40. La largeur de l'écluse d'entrée est de 18^{m},28 au plafond et de 20^{m},12 en tête ; son tirant d'eau est de 5^{m},18 en eaux moyennes. Cet ouvrage est entièrement en charpente. Les bajoyers de l'écluse sont constitués par des trib-works de 9^{m},75 de longueur, 8^{m},53 de largeur et 7^{m},32 de hauteur; le radier est en béton, son épaisseur varie de 1^{m},22 à 1^{m},52. Le bateau-porte est en acier.

Les pompes d'épuisement, au nombre de deux, ont chacune un débit de 227^{m},175 par minute.

Les travaux ont été commencés en février 1897, et, moins d'un an après, le 23 janvier 1898, la forme était mise en service.

Engineering News (14 avril 1898): *Nouvelle entrée pour le port de New-York.* — Le lieutenant-colonel William Ladlow propose d'approfondir l'East Channel, qui donnerait au port de New-York l'accès le plus court. Il évalue le cube de dragage à faire pour ouvrir un chenal de 609m,58 de largeur et de 10m,67 de profondeur à 20.900.000 mètres cubes, et estime la dépense à 16.587.886 francs ; le travail serait exécuté en trois ans au moyen de quatre dragues suceuses de grande puissance.

Minutes of Proceedings of the Institution of civil Engineers (1898, 1er vol.) : Sir E.-L. Williams. — *Le canal de Manchester.* — W. Eliot : *Digues de l'estuaire de la Mersey, section d'Eastham.* — Sir E.-L. Williams : *Digues dans l'estuaire de la Mersey, section de Runcoin.* — Ces trois articles, relatifs au canal de Manchester, comprennent l'historique de la création du canal et la description générale des travaux ; ils sont accompagnés de dessins assez complets.

Les dépenses, arrêtées au 1er janvier 1897, se sont élevées à 376.719.956 francs.

Depuis l'ouverture du canal, le trafic a été le suivant :

	1894	1895	1896
	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.
Navires de mer...	697.136	1.104.842	1.533.812
Bateaux de navigation intérieure.	243.333	275.774	321.644
Total	940.469	1.380.616	1.855.556

Les articles sont suivis d'une discussion complète et d'une correspondance, dans laquelle on trouve des renseignements intéressants sur l'exploitation même du canal. En réponse à différentes questions posées par M. Corthell, sir Williams fait connaître que les grands navires de mer n'éprouvent aucune difficulté à naviguer dans le canal avec une hauteur de 0m,15 à 0m,30 sous la quille, que le temps d'éclusage d'un grand navire est, en moyenne, de quinze minutes, et que le parcours total d'Eastham à Manchester se fait dans un laps de temps qui varie de six à dix heures. Les berges du canal, protégées par des perrés, ne souffrent nullement des remous qui se produisent. Enfin la hauteur des ponts par dessus (22m,80) n'apporte

au commerce aucun obstacle appréciable : elle dépasse la hauteur des mâts de perroquet des navires à voiles; quant aux steamers, il est très rare que leur mâture soit trop élevée pour passer sous le pont; quelques-uns cependant ont des mâts à glissière ou à rabattement.

Minutes of Proceedings of the Institution of civil Engineers (1898, vol. I) : Hugh Callanay. — *Slipway sur le Hooghly.* — Ce slipway est destiné aux navires côtiers ou de navigation fluviale déplaçant au plus 800 tonnes. Il a une longueur de 188^{m},97 et présente une inclinaison de 41 millimètres par mètre; il est à berceau roulant.

L'ascension est produite par une machine à vapeur actionnant un câble en acier.

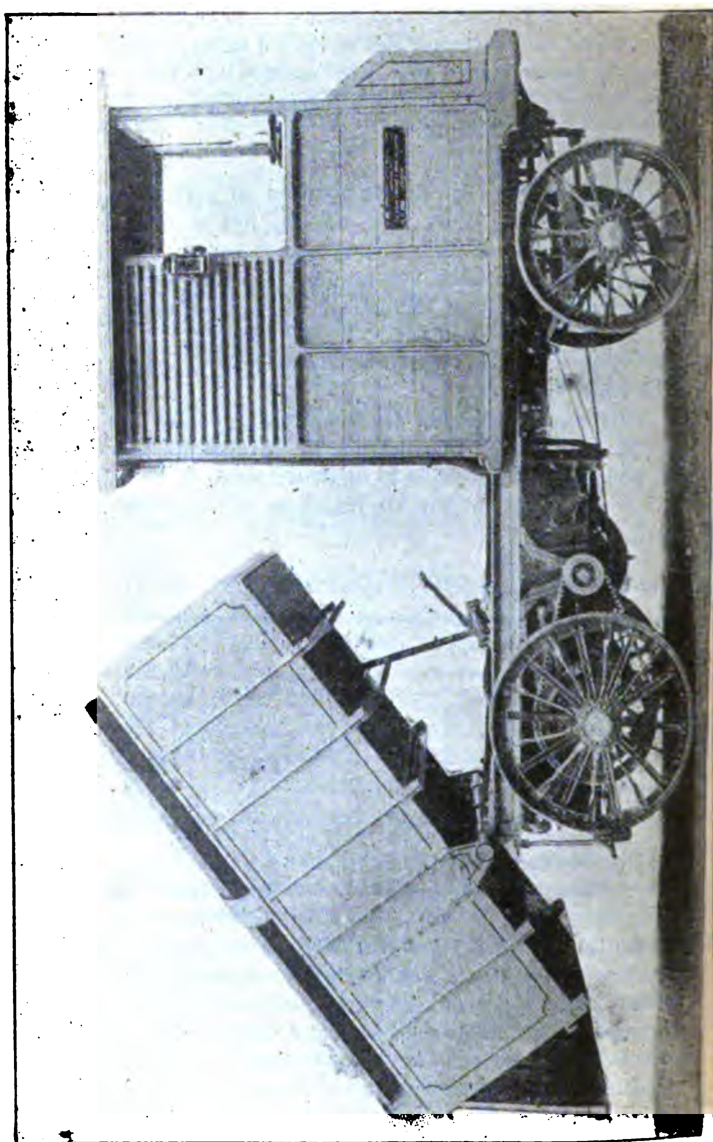
Les rails sont placés sur des traverses reposant sur des murs longitudinaux en maçonnerie. Le travail a été exécuté à sec à l'aide d'un batardeau de 7^{m},01 de hauteur.

La dépense a été de 254.301 francs se décomposant ainsi qu'il suit :

	Francs.
Terrassements	19.671
Maçonnerie	56.880
Ballast	14.220
Charpente	59.250
Ossature métallique	42.660
Batardeau	14.220
Machinerie	41.001
Divers	6.399
Total	254.301

VI. — Chemins de fer. — Tramways. — Automobiles.

Engineering (20 mai 1898) : *Voitures automobiles pour transports de marchandises.* — Il y a lieu de signaler deux types de voitures automobiles qui prennent part actuellement au concours de Liverpool : le premier type est celui des deux voitures à immondices de Cheswick (Voy. *Compte Rendu des périodiques*, 4e trimestre 1897, p. 283), dont le service a été des plus réguliers : la première de ces deux voitures (*fig.* 1) effectue son service régulier de six jours par semaine depuis trente-neuf semaines, et la seconde depuis vingt-six semaines; elles n'ont



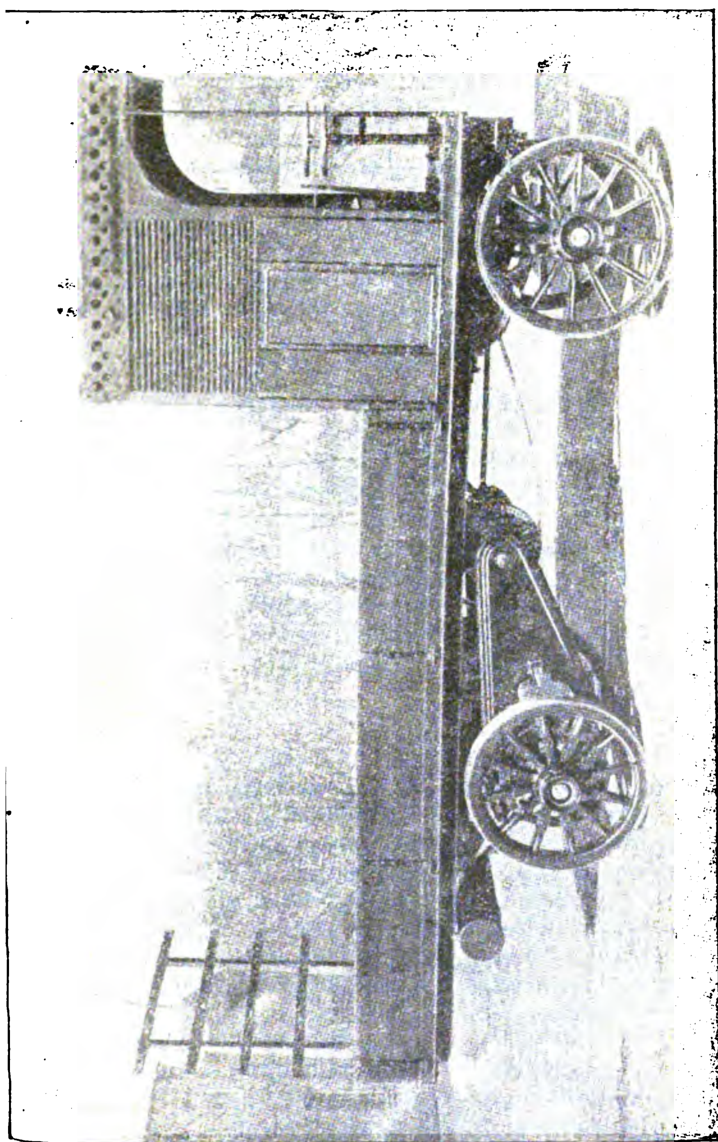


Fig. 2.

été arrêtées l'une que pendant deux jours, et l'autre pendant un jour. Elles ont transporté 7.746^{m3},960 de détritus pesant 5.070 tonnes. La consommation de combustible n'a été que de 45^{T},5, soit en moyenne 711^{kg},200 par semaine et par véhicule.

Le second type est celui d'un camion à vapeur susceptible de porter un poids de 4 tonnes sur une plate-forme dont la surface est de 7^{m2},25 et de gravir à pleine charge une pente de 1/7 (*fig.* 2).

La pression à la machine est de 14 kilogrammes par centimètre carré, la chaudière monte en pression en dix-huit minutes. Le combustible employé est l'huile minérale dont la consommation ne dépasse pas 7^{dm3},950 par heure.

Minutes of Proceedings of the Institution of civil Engineers (1898, 1er vol.) : F.-J. Waring. — *Prolongement du chemin de fer d'Hafurtale et de Bandazawela dans l'île de Ceylan et renseignements sur différents chemins de fer récemment construits dans la colonie.* — Ces différentes lignes, construites dans des pays accidentés, comportent des courbes dont le rayon minimum est d'environ 100 mètres et dont les déclivités maxima sont de 22 millimètres. Elles sont à une seule voie de 1^{m},67 d'écartement. Leur prix de revient varie, suivant les sections, entre 354.705 francs par kilomètre (ligne du Bandarawela) et 79.687 francs par kilomètre (ligne de Kurnwegala).

Railway Engineer (avril 1898) : *Locomotives lourdes à six essieux.* — Les nouvelles locomotives livrées au Great Northern Railway, par la Société Brooks, comportent quatre essieux plus un bogie placé à l'avant. Elles pèsent 96^{T},501 en ordre de marche, dont 78^{T},018 reposent sur les roues motrices; avec le tender, le poids total de la machine est de 140^{T},047.

La vapeur travaille dans les cylindres à la pression de 14^{kg},7 par centimètre carré ; ceux-ci ont 0^{m},533 de diamètre et 0^{m},864 de longueur.

La chaudière en acier est du type Player-Belpaire ; la surface de chauffe est de 304^{m2},71, et la surface de grille de 3^{m2},16.

Le tender porte 21^{m3},218 d'eau et 10 tonnes de charbon bitumineux.

Railway Engineer (mai 1898) : *Express de l'Atlantic-City.* — Un train extra-rapide a été organisé entre Camsden et Atlantic City, dont la distance est de 89^{km},300. Le temps moyen de cinquante-six trajets, en juillet et en août dernier, a été de quarante-huit minutes, et un des trajets a été effectué à la vitesse de 111^{km},204 à l'heure.

La locomotive qui a fait ce service est à quatre cylindres et a cinq paires de roues, dont deux paires sont motrices. Elle pèse avec son tender 102^{T},065, dont 35^{T},652 portent sur les roues motrices.

— (Mai 1898) : *Tunnels de la seconde partie de la ligne de Musktal-Bolan aux Indes.* — Description, procédé d'exécution et prix de revient des principaux tunnels de cette ligne, dont le plus important est le tunnel de Pamir, qui a 980^{m},85 de long. Cet ouvrage est établi pour deux voies de 1^{m},67 de largeur.

Scientific American (19 février 1898) : D'après ce journal, les nouvelles locomotives du Great Northern, dont la description est donnée plus haut, (p. 406), ont développé aux essais une puissance de 2.640 chevaux avec un effort de traction de 23 tonnes sur la barre d'attelage. Elles ont pu remorquer un train de 32 wagons pesant 1.070 tonnes sur une rampe de 16 millimètres par mètre, en courbe de 437 mètres de rayon.

Street Railway Journal (avril 1898) : D.-D. Willis. — *Les traverses, leur durée, leur préservation.* — Les traverses de cyprès et de cèdre donnent dans les sols bas et humides de très bons résultats. Dans le Texas à San Antonio, on a mis en service, en 1894, des traverses de ces deux essences, les unes sans avoir subi de traitement préalable, les autres après les avoir injectées avec un liquide préservateur. Après trois ans de service, les premières furent trouvées en état passable, et les secondes en aussi bon état que neuves. Dans les terrains secs, le cyprès et le cèdre ne sauraient, au contraire, être recommandés.

— (Mai 1898) : T.-J. Nichell. — *Utilisation des vieux rails comme poteaux télégraphiques.* — La Compagnie de Rochester utilise les vieux rails pour faire des poteaux, il suffit de placer deux rails côte à côte en les séparant par des blocs en fonte de place en place et de les réunir par des boulons.

On obtient ainsi des poteaux qui reviennent à 44 fr. 60, c'est-à-dire à 40 0/0 moins cher que des poteaux neufs.

Street Railway Journal (mai 1898) : *Voitures de tramway construites pour l'exportation.* — La difficulté du transport s'oppose souvent à l'exportation des voitures de tramway. Depuis quelque temps, la Brill C^y de Philadelphie a cherché à établir des voitures démontables et y est parvenu, après avoir rencontré de grandes difficultés; elle construit aujourd'hui des voitures démontables par parties pesant moins de 75 kilogrammes et, par suite, transportables à dos de mulet ; un charpentier ordinaire peut les remonter. L'article est accompagné d'une vue de voitures ainsi établies pour desservir un district montagneux de l'Amérique du Sud.

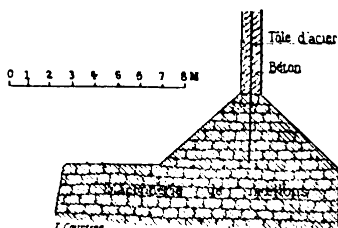
VII. — Génie rural. — Assainissement. — Distribution d'eau.

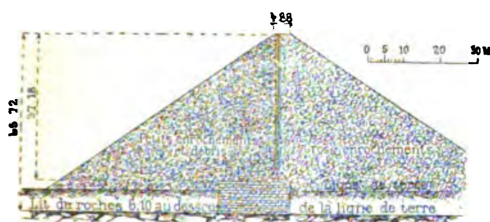
Engineering News (3 mars 1898) : *Distribution d'eaux de Galveston.* — Les travaux d'amenée des eaux à Galveston ont été exécutés en 1895-1896. Les eaux proviennent de trente puits artésiens situés à une distance de 32^{km},180 de l'usine élévatoire placée au centre de la ville. Vingt-sept de ces puits ont 0^{m},17 de diamètre, et trois ont 0^{m},23. La conduite d'amenée, qui a 0^{m},76 de diamètre, traverse la baie de Galveston, sur une longueur de 3^{km},155. Elle aboutit à un réservoir de 5.338 mètres cubes, qui permet d'assurer le service des eaux pendant quatorze heures.

Les trente puits artésiens sont distants de 91^{m},437 à 228^{m},59 les uns des autres et occupent une largeur de 4.983^{m},32. Leur profondeur varie de 228^{m},59 à 259^{m},07. Le principal intérêt du travail consiste dans la mise en place du siphon qui traverse la baie de Galveston qui a été exécuté en quatre mois et demi, une fouille étant faite à la drague; le siphon a été immergé par un chaland spécial par petites longueurs dont les joints ont été exécutés au scaphandre.

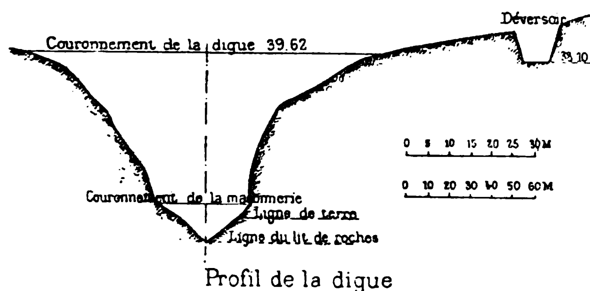
La dépense totale a été de 4.094.175 francs.

—— (10 mars 1898) : *Mur de réservoir d'Otay (Californie).* — Le mur de réservoir d'Otay en Californie est constitué par une digue en enrochements avec une âme centrale en acier qui en assure l'étanchéité (*fig.*). La hauteur totale du mur de réservoir est de 45^{m},72 ; la paroi métallique centrale n'a que 37^{m},18 de hauteur et s'engage à la partie basse dans un massif de ma-

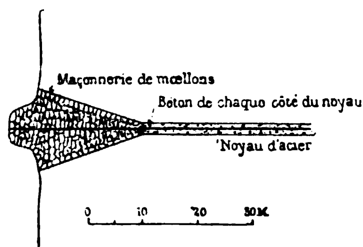




Coupe longitudinale de la digue à sa plus grande largeur et coupe de l'âme d'acier



Profil de la digue



Plan montrant l'elargissement de la maçonnerie à l'extremité de la base de la digue

Mur du réservoir d'Otay.

çonnerie de $19^m,81$ de largeur et $8^m,53$ de haut; latéralement elle est encastrée dans deux tranchées de $1^m,22$ de largeur, ouvertes dans la paroi latérale rocheuse.

L'ossature métallique est protégée par deux revêtements en béton de $0^m,304$ d'épaisseur.

La digue en enrochements présente en crête une largeur de $4^m,88$ et de part et d'autre des talus de 3 de base pour 2 de hauteur.

Elle est constituée du côté de la retenue par de menus blocs mêlés de déchet de carrière, et du côté de l'aval par de gros blocs de porphyre pesant de 2 à 10 tonnes et dont les intervalles sont remplis de petits blocs.

Les gros blocs n'ont d'ailleurs été placés qu'à une distance de $2^m,50$ à 3 mètres de l'âme métallique, afin d'éviter toute avarie, l'intervalle étant rempli avec soin de blocs plus petits.

Le travail a été terminé en août 1897.

H. D.

IX. — Électricité appliquée.

Electrical World (9 avril 1898) : J.-S. Peck. — *Transformateurs réducteurs pour l'énergie du Niagara.* — Description illustrée des grands transformateurs réducteurs à courants triphasés de la Cataract Power and Conduit Co, construite par la Compagnie Westinghouse. En dehors de la nouveauté du procédé de régulation employé, ces appareils sont intéressants en ce qu'ils représentent la pratique la plus récente dans la construction de grandes unités à isolement d'huile, à haute tension et à rendement élevé.

Chacun des quatre appareils fournis a une puissance de 850 kilowatts. Les primaires sont connectés en étoile ; les secondaires, en triangle. La tension de la ligne, actuellement de 11.000 volts, sera portée ultérieurement à 22.000 ; la tension secondaire est de 2.200 volts.

Chaque transformateur est placé dans un bac d'huile contenant un serpentin pour circulation d'eau.

La régulation du voltage secondaire se fait d'une façon ingénieuse, à l'aide de survolteurs en série dont le primaire est excité par un courant variable pris sur une bobine spéciale ajoutée au secondaire du transformateur principal. Il suffit de deux de ces petits survolteurs, au lieu de trois, pour chaque

transformateur. On fait varier le nombre des spires excitatrices pour les deux à la fois, à l'aide d'un commutateur multiple enfermé et muni d'une manette isolée. Un commutateur inverseur permet de retrancher ou d'ajouter la force électromotrice du survolteur. Il eût été impossible de faire le réglage sur la basse tension.

— (23 avril ; 7, 14, 28 mai) : HANCHETT. — *Distributions superficielles pour tramways.* — Description encyclopédique et illustrée des très nombreux systèmes à contacts superficiels qui ont été imaginés depuis dix ans.

The Electrician (1er avril 1898) : HAMMOND. — *Le prix de revient de l'énergie électrique.* — Très long mémoire discutant les résultats d'exploitation des stations centrales anglaises en 1895-1897. Le prix de vente de l'énergie est de 26,6 centimes à Kensvington, 21,9 centimes à Westminster, 14,5 centimes à Manchester, 15 à Leeds, 11,3 centimes à Edimbourg. Les prix sont généralement inférieurs à ceux des années précédentes.

L'auteur analyse, à l'aide de nombreux diagrammes, l'influence des divers éléments sur le prix de revient, en particulier de la production totale et du coefficient de charge ; il appelle ainsi le rapport de la quantité d'énergie réellement produite dans l'année à la quantité maxima qui eût pu être produite en pleine charge continuelle. Cette définition diffère un peu de la définition ordinaire.

Cette étude présente le grave défaut de ne pas tenir compte du capital d'établissement.

— (13 mai 1898) : *Éclairage du chemin de fer souterrain de Glasgow.* — Le chemin de fer souterrain de Glasgow est actionné par câble ; mais on a dû établir toute une installation électrique pour l'éclairage ; elle contient quatre unités génératrices de 80 kilowatts actionnées directement par machines Belliss verticales compound, à grande vitesse.

A. B.

X. — ARCHITECTURE.

The Engineering Record (26 mars 1898) : *La banque de commerce de Chicago.* — Description et dessins de la nouvelle banque de commerce de Chicago, construite de façon à être à l'épreuve du feu.

The Engineering Record (19-26 mars 1898) : *Ventilation d'Astria Hôtel.* — L'Astria Hôtel de New-York occupe un rectangle de 30m,17 sur 106m,68 et s'élève à 76m,20 au-dessus de la chaussée; il est donné une description complète des procédés mis en œuvre pour assurer la ventilation de cet immense édifice.

XII. — Divers.

Scientific American (30 avril 1898) : *Utilisation de la force de la marée.* — Une Compagnie, créée pour utiliser la force de la marée, vient d'exécuter une expérience qui lui parait concluante à Potencia-Beach (Californie).

Le principe de l'installation est le suivant : Une estacade métallique s'avance en mer; le long de cette estacade sont disposés des flotteurs dont le poids est d'environ 25 0 0 supérieur au déplacement, et qui sont attelés directement à des pistons de pompe. Soulevés par la force des vagues, ces flotteurs descendent par leur poids, et le mouvement de va-et-vient est utilisé à refouler et à comprimer de l'eau dans un réservoir dont la partie supérieure est pleine d'air. Cette eau sous pression constitue la force produite, utilisée ensuite suivant les besoins.

Du 1er au 15 décembre, chaque flotteur a produit une force de 2 à 3 chevaux, et l'installation a alimenté neuf lampes électriques. La Compagnie estime que chaque cheval de force reviendra à 65 francs par an.

H. D.

PÉRIODIQUES BELGES.

I. — Sciences appliquées.

Annales des Travaux publics de Belgique (février 1892) : A. Lubin et G. Christophe. — *Le pont Vierendeel.* — Les auteurs furent chargés de rendre compte des épreuves auxquelles a été soumis le pont de 31m,50 d'ouverture, construit dans le parc de Tervueren, pour servir à l'essai du système.

Dans un rapport très développé ils donnent la description du système, relatant les avantages attribués à ce système par

son inventeur, rendent compte des essais (au cours desquels on a mesuré les efforts au moyen de l'enregistreur Manet-Rabut), comparant les résultats de ces essais avec ceux des calculs opérés selon la méthode de M. Vierendeel, indiquent les améliorations à apporter au type du pont de Tervueren, comparent les poutres à arcades aux poutres à treillis et, de cette comparaison, faite aux points de vue du poids, du prix de revient et de l'exactitude des calculs, ils tirent la conclusion que : « Dans l'état actuel de la question, la poutre à arcades est, d'une manière générale, un système sensiblement équivalent à la poutre en treillis. »

IV. — Navigation intérieure.

Annales des Travaux publics de Belgique (février 1898) : J.-A. Pierrot et A. Lambin. — *Défense des berges des canaux.* — Chap. i : Description des travaux de défense en usage sur différents canaux ; — Canal de Liège à Maëstricht ; — Canal de Maëstricht à Bois-le-Duc ; — Canal d'Amsterdam à la Merwede ; — Canal d'Amsterdam à la mer du Nord, à Ymuiden ; — Canaux de Zuilbeveland, Walcheren, de Gand à Terneuzen.

Chap. ii : Considérations générales ; — Passage d'un bateau à vapeur dans un canal ; — Résistance éprouvée par un steamer en mouvement sur un canal ; — Détérioration des berges d'un canal par la navigation à vapeur ; — Défense des berges ; — Choix d'un système de défenses ; — Défense des berges d'une cunette nouvelle.

Un bon ouvrage de défense doit, au dire de l'auteur, satisfaire aux conditions suivantes : 1° offrir un pied solide ; 2° avoir un revêtement étanche. La solution dépend, dans chaque cas, des circonstances particulières à ce cas.

VI. — Chemins de fer. — Tramways. — Automobiles.

Bulletin de la Commission du Congrès des Chemins de fer (mars 1898) : M. Fridericia. — *Notions générales sur la construction et l'exploitation des bacs à vapeur des chemins de fer en Danemark et à l'Étranger* (traduit de l'*Ingénieur danois*, avec des additions). — Le premier bac-ferry a été mis en service en Écosse, en 1851, sur le Firth of Forth, large de $8^{km},8$. D'autres bacs-ferrys furent ensuite construits en divers pays de l'Eu-

rope, notamment en Allemagne, en Suisse et en Danemarck. L'usage de ce mode de transport s'est développé surtout dans l'Amérique du Nord (une pièce annexe donne, d'après la *Railroad Gazette* du 24 décembre 1897, le tableau des lignes de bacs à vapeur des chemins de fer américains.) — L'auteur donne la description sommaire des différents systèmes employés.

Bulletin de la Commission du Congrès des Chemins de fer (mars 1898) : *L'avènement du wagon en acier* (extrait de la *Railroad Gazette* du 12 novembre 1897). — L'emploi de l'acier pour la construction des wagons permet, à cause de la grande résistance de ce métal, de transporter une charge utile plus considérable dans un train d'un même poids brut. L'avantage est notable pour les trains lourds avec wagons à pleine charge. La charge utile peut atteindre les 3/4 du poids brut, tandis qu'avec des wagons ordinaires la proportion ne dépasse pas les 2/3. En même temps, le nombre des wagons et la longueur du train diminuent. Plusieurs compagnies américaines, dont le trafic comporte la formation de trains lourds, se sont mises à construiredes wagons en acier.

F. D.

PÉRIODIQUES HOLLANDAIS

Par M. van YSSELSTEYN, Ingénieur, sous-directeur des travaux de la ville de Rotterdam.

II. — Matériaux et Procédés généraux de construction.

Ingénieur (9, 16, 23, 30 avril et 7 mai 1898) : L.-A. Sanders. — *Théorie des constructions en ciment et en ciment armé.* — L'auteur donne une théorie assez complète des constructions en ciment armé. Il s'occupe particulièrement des tôles Menier et donne de nouvelles formules pour le calcul de ces constructions.

Il démontre notamment qu'une tôle Menier ne peut pas être considérée, pour le calcul de sa résistance, comme une matière homogène, puisque la place de la fibre neutre varie

quand le moment des forces extérieures devient de plus grand en plus petit. En effet la valeur des coefficients d'élasticité du fer et des autres métaux est constante entre certaines limites, tandis que le coefficient d'élasticité du ciment armé varie avec les moments des forces extérieures.

Les formules de l'auteur méritent confiance non seulement parce que la théorie semble juste, mais aussi parce qu'elles sont contrôlées par des essais faits par lui dans la fabrique de ciment armé à Amsterdam, à laquelle il est attaché comme ingénieur.

III. — Routes. — Ponts et Viaducs.

ngénieur (12 et 19 mars) : Jankheer J.-C. van Beigersberg Versluys. — *Notice sur les ponts mobiles dans les chemins de fer de l'État Néerlandais.* — On trouve dans le réseau de ces chemins de fer soixante-neuf ponts tournants et six ponts-levis.

L'auteur trace un aperçu historique de ces ponts et s'occupe surtout des fautes diverses, constatées dans les ponts existants. Il donne quelques avis pratiques pour éviter ces fautes dans les nouvelles constructions et pour corriger les défauts des anciens ponts.

ulletin de l'Institut royal des Ingénieurs (année 1897-1898, livr. 2) : M. N.-C. Kist a lu, dans la séance du 9 novembre, une *notice sur le contrôle institué par l'État Néerlandais sur les divers ponts métalliques*, dans le réseau des chemins de fer.

En citant le fait que deux cent cinquante et un ponts de chemin de fer se sont écroulés au Canada et aux États-Unis pendant la période 1878-1887, l'auteur démontre qu'un contrôle est impérieusement nécessaire, attendu que le poids des trains est augmenté de beaucoup, depuis que la plupart des ponts hollandais ont été construits.

M. Kist donne une description des instruments pour mesurer la tension dans les différentes parties d'une construction. Ces instruments sont du système imaginé par M. Manet, et améliorés par M. L. Schweder van der Kolk, l'ingénieur en chef dudit contrôle.

Il est prouvé par divers exemples qu'il se produit souvent, en certaines parties d'un pont, des efforts dont la valeur ne peut

pas être déterminée par le calcul. Il est donc nécessaire de mesurer ces efforts au moment du passage des trains lourds, et de déterminer ainsi empiriquement les renforcements nécessaires.

Ce système est contraire à celui qui est en usage en Prusse. Les ingénieurs de l'État Prussien font de nouveaux calculs pour les ponts, en y appliquant les poids des trains actuels. Les constructions peuvent être ainsi renforcées dans des parties où l'expérience ne montre pas qu'il soit utile de le faire.

VI. — CHEMINS DE FER. — TRAMWAYS. — AUTOMOBILES.

Bulletin de l'Institut royal des Ingénieurs (année 1897-98, livr. 3 : P.-J. VAN VOORST VADER. — *Étude sur les différents systèmes de tramways.* — L'auteur donne des détails historiques et s'occupe très amplement de la législation sur les tramways dans les différents pays.

Il donne un aperçu détaillé des moteurs de tramways, en y ajoutant des chiffres intéressants sur les frais de traction pour chaque système.

VIII. — MACHINES.

Electra : N.-C.-H. VERDAM. — *Les générateurs du Dr de Laval.* — Description fort intéressante des générateurs, dans lesquels la vapeur peut atteindre une pression de 100, et même de 225 atmosphères. Cette haute pression est nécessaire pour faire fonctionner les turbines à vapeur du système de Laval. Ces machines travaillent très économiquement, si l'on peut fournir de la vapeur à haute pression. L'auteur donne des calculs qui démontrent que, si l'on fait fonctionner une turbine de Laval avec de la vapeur à 10 atmosphères et sans condensation, la consommation par cheval et par heure sera, théoriquement, $6^{kg},9$. Si l'on applique la condensation, ce chiffre est diminué jusqu'à $3^{kg},9$. Mais, si l'on fournit de la vapeur à 50 atmosphères, la consommation théorique ne dépasse pas $2^{kg},9$.

Pour la pratique, il faut ajouter à ces chiffres ± 40 0/0, de sorte qu'une bonne turbine de Laval, fonctionnant à 50 atmosphères, ne consommerait plus que ± $4^{kg},1$ par cheval et par heure.

A l'Exposition de Stockholm de 1897, la Compagnie des turbines Laval exposait deux générateurs, l'un à 200, et l'autre à 100 atmosphères. L'auteur donne des détails et des croquis de ces chaudières.

Jusqu'ici la Compagnie n'a pas encore accepté de commandes de générateurs, parce qu'elle veut changer quelques détails de son système. L'auteur ne doute pas que ces générateurs, combinés avec les turbines de Laval, déjà bien connues, n'obtiennent un très grand succès.

V. Y.

PÉRIODIQUES RUSSES

Par M. de TIMONOFF, Professeur
à l'Institut impérial russe des Voies de Communication.

I. — Sciences appliquées.

Recueil de l'Institut des Voies de Communication (nos XLIII et XXXVI) : D.-K. Bobyleff. — *Étude des théories de M. Boussinesq concernant les eaux courantes.* — L'auteur, l'un des mathématiciens russes les plus remarquables, analyse les théories de M. Boussinesq, tout en les exposant sous une forme plus brève et plus à la portée de la majorité des lecteurs. Il indique les applications que ces théories trouvent lors de la solution des problèmes techniques concernant l'amélioration des fleuves et des rivières.

II. — Matériaux et Procédés généraux de construction.

Journal du Ministère des Voies de Communication (n° 2, 1898) : J. Klimtchitski. —*Étude sur le degré d'exactitude que donnent les essais de rupture du fer fondu et de l'acier.* — L'auteur passe en revue les recommandations faites dans les conférences internationales, sur les essais des matériaux de construction, en ce qui concerne la question de l'exactitude des essais de rupture, et indique les méthodes appliquées par lui, pour les essais de cette nature. Il conclut en disant:

1° Que la *résistance* à la rupture varie peu suivant les diverses méthodes d'essai ; les appareils courants donnent une exactitude de 1/100 ;

2° Que la *diminution de la section transversale* dépend également peu de la manière dont l'essai est fait, les écarts étant principalement dus aux défauts de la matière ;

3° Que l'*allongement* dépend de la forme et de la dimension des échantillons, le degré d'exactitude ne dépasse pas, même pour les échantillons très bien faits, 1/20, indépendamment des différences dues à la loi de Barbe.

III. — Routes, Ponts et Viaducs.

Recueil de l'Institut des Voies de Communication (n° XLVI) : Laknitzki. — *Cours de routes.* — Le traité de M. Laknitzki donne une description complète des études, de la construction et de l'entretien des routes; cet ouvrage contient beaucoup de données concernant les conditions spéciales des routes en Russie, et à ce titre peut intéresser les ingénieurs et les entrepreneurs français qui voudraient connaître de près les circonstances du travail en Russie.

IV. — Navigation intérieure.

Recueil de l'Institut des Voies de Communication (n° XLII : Zbrojek. — *Cours de navigation intérieure* (627 p., atlas de 136 pl.). — Ce cours très complet ne sera pas sans intérêt pour le lecteur étranger, car il contient la description de signaux, de systèmes de travaux, etc., inventés ou grandement améliorés en Russie et pouvant trouver une application avantageuse dans bien des pays.

Comptes Rendus de l'Association des Ingénieurs des Voies de Communication (n° 1, 1898) : J. Polkovsky. — *Sur le calcul des portes d'écluse.* — L'auteur applique les méthodes des calculs des portes d'écluse dues à M. Lavoinne, à quelques cas spéciaux, et donne des tableaux numériques pouvant faciliter les calculs dans des cas analogues.

V. — Travaux maritimes.

Recueil de la Commission des Ports de commerce (n° XXII) : Kandiba. — *Description des appareils et procédés employés pendant la construction du môle Sud et des brise-lames du port de Libau* (atlas et texte). — Parmi les ports de la Russie, Libau occupe en ce moment la première place au point de vue de l'importance des ouvrages qu'on y construit, afin de créer, sur une plage de sable, un port de commerce et un port de guerre (les données générales sur ce port ont été publiées en français dans les *Nouvelles Annales de Construction*, en 1888).

L'étude actuelle de M. Kandiba fournit une description très complète accompagnée d'excellents dessins à grande échelle des instruments de transport, des installations de chantiers, des grues à grande puissance, etc., qui ont permis de faire les travaux de Libau avec une rapidité qui dépasse tous les exemples connus. L'ouvrage de M. Kandiba, grâce à ses illustrations, sera consulté avec intérêt, même par l'ingénieur ne sachant pas la langue russe.

Journal du Ministère des Voies de Communication (n° 1, 1898) : — *Le port de Djarylgatch.* — La baie de Djarylgatch, en Crimée, est très bien abritée et présente un admirable port naturel qui vient d'être ouvert au commerce étranger. L'article nommé contient une description de la baie de Djarylgatch et présente un intérêt assez sérieux, grâce à l'essor que prend le nouveau port et à l'avenir important qui l'attend, lorsque ce point du littoral de la mer Noire sera réuni au réseau des chemins de fer de l'État.

VI. — Chemins de fer. — Tramways. — Automobiles.

Recueil de l'Institut des Voies de Communication (n° XLI) : Lubimoff. — *L'action des gelées sur la stabilité de la voie ferrée et de la manière de combattre les effets des gelées.* — La question des gelées au point de vue indiqué ci-dessus, très importante en Russie à cause des conditions climatériques et autres, est traitée dans l'étude de M. Lubimoff avec une grande compétence. —— Stétsévitch. — *Sur la stabilité de la voie.* — L'auteur a imaginé un appareil enregistreur des mouvements de la voie et a

entrepris une série d'expériences qui sont analysées dans l'étude ci-dessus nommée.

VII. — Génie rural. — Assainissement. — Distribution d'eau.

Recueil de l'Institut des Voies de Communication: V.-E. Timonoff. — *Éléments de l'assainissement des villes* (302 p., 217 illustr.).

VIII. — Machines.

L'Ingénieur (février 1898): Filonenko. — *Les élévateurs à grains flottants.* — L'élévateur à grains flottant est une machine dont l'importance peut être très grande dans les ports où le transbordement du grain doit se faire directement des bateaux fluviaux sur les navires de mer.

Les élévateurs décrits par M. Filonenko s'emploient avec succès à Nikolaïeff (mer Noire). L'élévation des grains s'y fait à l'aide d'une machine à vapeur. Les appareils paraissent économiques ; il s'est formé une Société spéciale pour les exploiter.

IX. — Électricité appliquée.

Journal électrotechnique (nº 1, 1898): Voïnarovski. — *Lutte entre le téléphone et le tramway électrique. Sur la question du développement de l'industrie électrotechnique en Russie.*

X. — Architecture.

Le Constructeur (janvier 1898) : — *Les nouveaux bâtiments de Saint-Pétersbourg:* Banque internationale de commerce, Bibliothèque impériale.

—— A.-J. Hogen. — *Les constructions décoratives à Saint-Pétersbourg*, lors de la visite de M. le Président de la République française.

XI. — Administration. — Législation.

Bulletin officiel du Ministère des Voies de Communication (numéro du 28 février 1898) : A.-S. Ermoloff. — *Le centenaire de*

la création de l'Administration Centrale des Voies de Communication en Russie. — La première institution centrale appelée à diriger l'œuvre des voies de communication en Russie date du 28 février 1798 seulement. A cette époque la Russie n'avait presque pas de routes et très peu de canaux. Les ingénieurs manquaient également. Aussi le Ministère actuel a-t-il pu, à juste titre, célébrer le Centenaire, car il administre plus de 100.000 kilomètres de voies navigables, 26.000 kilomètres de chemins de fer et une série de ports de commerce bien outillés, tout en exécutant de grands travaux tels que le Transsibérien et autres. Le budget du Ministère des Voies de Communication est aujourd'hui de plus de 265.000.000 roubles (700 millions de francs environ).

XII. — Divers.

Journal photographique russe (n° 1, 1898) : *Historique de la photographie et de ses applications en Russie.*

Technologue (n° 1, 1898) : *Gisements de sel de Glauber dans le golfe de Karabougaz* (mer Caspienne).

V. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

1898.

N° 31

OUVRAGES ALLEMANDS.

I. — Sciences appliquées.

LAUENSTEIN, Ingen. Prof. (R.). — Die Festigkeitslehre. Elementares Lehrbuch f. den Schul-u. Selbstunterricht, sowie zum Gebrauch in der Praxis, nebst e. Anh., enth. Tabellen der Potenzen, Wurzeln, Kreisumfänge u. Kreisinhalte. 4. Aufl. gr. 8°. (VI. 153 S. m. 90 Abbildgn.) St., A. Bergsträsser. N. 3.50 ; geb. in Leinw. Nn 4.50.

Leçons élémentaires de résistance.

SCHAROWSKY, Reg. Baumstr. Civ.-Ingen. (C.). — Säulen u. Träger. Tabellen üb. die Tragfähigkeit eiserner Säulen u. Träger. Auszug aus dem im Auftrage des Vereins deutscher Eisen-u. Stahl-Industrieller v. C. Scharowsky hrsg. « Musterbuch f. Eisenconstructionen ». 2. [Titel-] Aufl. 12°. (43 S. m. Fig.) L. (1890), O. Spamer. N — 60.

Tables pour la résistance des poutres et colonnes.

—— Widerstands-Momente u. Gewichte genieteter Träger. Berechnung v. 32.000 genieteten Trägern, enthaltend als Gurtwinkel die Normalprofile f. Winkeleisen von 50 — 130 Mm Schenkelbreite, als Gurtplatten Flacheisen in 6 verschiedenen Breiten u. den Gesammtdicken von 5 — 39 Mm. 2. [Titel-] Aufl.

Fol. (VIII, 83, S. m. Fig.) Ebd. (1890). N. 8 — ; geb. in Leinw. Nn 10 —

Moments de résistance et poids des poutres rivées.

SCHAROWSKY, Reg. Baumstr. Civ.-Ingen. (C.) und Dir. L. SEIFERT. — Tabellen zur Gewichtsberechnung v. Walzeisen u. Eisenconstructionen.

Tables pour le calcul des poids des constructions en fer et en acier.

Diegraphische Statik. Elementares Lehrbuch f. techn. Unterrichtsanstalten u. zum Gebrauch in der Praxis. 4. Auft. gr. 8°. (VI, 235 S. m. 255 Abbildgn.) Ebd. n 5 — ; geb. in Leinw. n 6 —

La statique graphique élémentaire.

STÖCKL, Bau-R. (Carl.), u. Ob.-Ingen. (Wilh.) HAUSER. — Hilfs-Tabellen f. die Berechnung eiserner Träger m. besond. Rücksichtnahme auf Eisenbahn-u. Strassenbrücken. 2. Aufl. Mit 38 Holzschn. u. 3 Taf. Lex. 8°. (XI, 285 s.) Wien, Spielhagen und Schurich. N. 14 —

Tables pour le calcul des poutres de ponts métalliques.

TOLDT, Adjunct (Frd.). — Die Chemie des Eisens. Tabellarische Zusammenstellg. der dem Eisen beigemengten Elemente u. deren Einfluss auf die Eigenschaften dieses Metalles. gr. 8°. (23 S. m. 3 Diagr. u. 3 Taf.) Leoben, L. Nüssler. Geb. in Leinw. N. 3.

La chimie du fer.

II. — **Matériaux et Procédés généraux de construction.**

DÜRRE, Prof. Dr. (Ernst Frdr.). — Vorlesungen üb. allgemeine Hüttenkunde. Uebersichtliche Darstellg. aller Methoden der gewerbl. Metallgewinng., eingeleitet durch e. ausführl. Schilderg. aller in Betracht komm. Eigenschaften der Metalle u. ihrer Verbindgn., u. abgeschlossen durch e. Uebersicht aller wichtigeren Apparate u. Hilfsmittel. 1. Hälfte. Mit zahlreichen in den Text gedr. Abbildgn. hoch 4°. (VII, 128 S.) Halle, W. Knapp. N. 10 —

Leçons sur la métallurgie générale.

KERPELY'S (Ant. v.). Bericht üb. die Fortschritte der Eisenhütten-Technik im J. 1893. Hrsg. v. Dir. Thdr. Beckert. Neue Folge. 10. Jahrg. (Der ganzen Reihe 30. Jahrg.) gr. 8°. (XII, 362 S. m. 277 Abbildgn. L., A. Felix. Nn. 22 —

Rapports sur les progrès techniques de la forge.

Kick, Reg.-R. Prof. (Frdr.). — Vorlesungen üb. mechanische Technologie der Metalle, des Holzes, der Steine u. anderer formbarer Materialien. Mit vielen Abbildgn. II. Hft. gr. 8°. (S. 191 — 398.) Wien, F. Deuticke. N. 5 —

Leçons sur la technologie mécanique du métal, du bois, de la pierre et autres matériaux.

VI. — Chemins de fer. — Tramways. — Automobiles.

Eisenbahn-Technik, die, der Gegenwart. Hrsg. v. Geh. Baur. Blum Reg.-u. Baur. v. Borries, Geh. Reg.-R. Prof. Barkhausen. 1. Bd. Das Eisenbahn-Maschinenwesen. 2. Abschn. Die Eisenbahn-Werkstätten. Bearb. von v. Borries, Grimke, Troske, etc. Lex.-8°. (XVI, VII u. S. 745 — 870 m. 119 Abbildgn. u. 2 lith. Taf.) Wiesbaden, C.-W. Kreidel. N. 5.40 ; geb. in Halbfrz. N 7.50.

La technique des chemins de fer du temps présent.

Handbuch der Ingenieurwissenschaften in 5 Bdn. 5. Bd. Der Eisenbahnbau. Ausgenommen Vorarbeiten, Unterbau u. Tunnelbau. 2. Abtlg. : Berechnung, Konstruktion, Ausführg. u. Unterhaltg. des Oberbaues. Bearb. v. Herm. Zimmermann, Alfr. Blum, Herm. Rosche, hrsg. v. Prof. F. Loewe u. Geh. Ob.-Baur. vortrag. Rat Dr. H. Zimmermann. Mit 3 Taf., 284 Abbildgn. im Text u. vollständ. Namen- u. Sachverzeichnis. Lex.-8°. (XIV, 394 S.) L., W. Engelmann N. 12 — ; geb. Nn. 15 —

Manuel des sciences de l'Ingénieur (5e volume : la Construction des chemins de fer).

Kirberg, Rechn.-R. Betriebsbür.-Vorst. (A.). — Eisenbahn-Wörterbuch in deutscher u. französischer Sprache. 2. Aufl. gr. 8°. (302 S.) Köln, Kölner Verlags-Anstalt und Druckerei. Bar n. 5 — ; geb. N. 5.60.

Dictionnaire des chemins de fer (allemand-français).

VII. — Génie rural. — Assainissement. — Distribution d'eau.

Muller, Reg.-Baumstr. (Frdr.). — Das Wasserwesen der niederländischen Prov. Zeeland. Mit 10 Taf. in Steindr., enth. 131 Abbildgn. (in Mappe), sowie 121 Abbildgn. im Text. Lex.-8°. (XXV, 612 S.) B., W. Ernst und Sohn. N. 36.

Les eaux dans la province hollandaise de Zeeland.

Strukel, Prof. (M.). — Der Wasserbau. Nach den Vorträgen, geh. am polytechn. Institute in Helsingfors. I. Thl. Mit 93 Textfig.

u. 6 Taf., nebst vollständ. Skizzenbuch, enth. 22 Taf. Lex-8°. (VIII, 144 u. 31 S.) Helsingfors, L.-A. Twietmeyer in Komm. Nn. 12.

Les travaux d'eau.

VIII. — Machines.

Anleitung zur Einrichtung u. Instandhaltung v. Triebwerken (Transmissionen), hrsg. v. der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-Actien-Gesellschaft in Dessau Ausg. 1897. 8° (VIII, 277 S. m. Abbildgn.). L. (J.-J. Weber). Geb. in Leinw. Nn. 250.

Méthode pour l'installation des roues de transmission.

Pechan, Masch.-Ingen. Prof. (Jos.). — Berechnung der Leistung u. des Dampfverbrauches der Zweicylinder-Dampfmaschinen zweistufiger Expansion. gr. 8°. (XV, 289 S. m. 14 Fig. u. 48 Tab.) Wien, F. Deuticke. N. 8 —; geb. in Leinw. N. 9.

Calcul du travail et de la consommation de vapeur des machines à deux cylindres à double expansion.

Pregel, Prof. (Th.). — Neuere Werkzeugmaschinen f. die Metallbearbeitung. Drehbänke, sowie Maschinen zum Drehen, Bohren u. Gewindeschneiden. gr. 8°. (X, 362 S. m. 820 Abbildgn.) St., A. Bergsträsser N. 10.

Nouvelles machines-outils pour le travail des métaux.

Rebber, Ingen. Maschinenbaulehr (Wilh.). — Die Festigkeitslehre u. ihre Anwendung auf den Maschinenbau. Elementar behandelt zum Gebrauche f. Studierende u. in der Praxis. 3. Aufl. Hrsg. v. Ingen. Ingenieursch.-Dir. L. Hummel. gr. 8°. (XVI, 476 S. m. 261 Abbildgn.) Mittweida, Polytechn. Buchh. N. 10.50 ; geb. bar. N. 12.

La résistance au point de vue de la construction des machines.

Weickert (A.) u. R. Stolle, Ingenieure Fachlehrer. — Praktisches Maschinenrechnen. Eine Zuzammenstellg. der wichtigsten Erfahrungswerte aus der allgemeinen u. angewandten Mechanik in ihrer Anwendg. auf den prakt. Maschinenbau. Erläutert durch zahlreiche der Praxis entnommene Beispiele u. eingeleitet durch e. leichtfassl. Darstellg. der f. Maschinenbauer unentbehrl. Gesetze des allgemeinen Buchstabenrechnens. Mit üb. 100 in den Text gedr. Abbildgn. 3. Aufl. 6. u. 7. Taus. gr. 8°. (VII, 262 S.) B., Polytechn. Buchh. A. Seydel. N. 3.50; geb in Leinw. N. 4.25.

Calcul pratique des machines.

IX. — Électricité appliquée.

Bibliothek, elektrotechnische. 11. Bd. 8°. Wien, A. Hartleben. N. 3 — ; geb. n. 4 — 11. URBANITZKY, Dr. (Alfr. Ritter v.), Die elektrischen Beleuchtungs-Anlagen m. besond. Berücksicht. ihrer praktischen Ausführung. Mit 113 Abbildgn. 3. Aufl. (VIII, 240 S.)

Bibliothèque électrotechnique. Les installations d'éclairage électrique.

Blätter, schweizerische, f. Elektrotechnik u. das gesamte Beleuchtungswesen. 3. Jahrg. 1898. Deutsche u. französ. Ausg. (Revue d'électricité.) à 24 Nrn. gr. 4°. (Deutsche u. französ. Ausg. Nr. 1. à 8 S.) Bern (Marktgasse 59), Administration. Bar nn 10 — ; jede Ausg. allein nn 6.50.

Revue suisse d'électrotechnique et d'éclairage électrique.

Fortschritte d. Elektrotechnik. 9. Jahrg. 5. Hft. B., Springer. N° 5.

—— dasselbe. 11. Jahrg. 1897. 2. Hft. Ebd. N. 5.60.

Les progrès de l'électrotechnique.

GAISBERG, Ingen. (S.-Frhr. v.). — Taschenbuch f. Monteure elektrischer Beleuchtungsanlegen. 14. Aufl. 12° (VIII, 203 S. m. Fig.) München, R. Oldenbourg. Geb. in Leinw. N. 2.50.

Manuel du monteur d'éclairage électrique.

GRAWINKEL (C.), u. K. STRECKER. — Hilfsbuch f. die Elektrotechnik. Bearb. u. hrsg. v. Ober-Telegr. Ingen. Doc. Dr. K. Strecker. 5. Aufl. Mit 361 Fig. im Text. gr. 8°. (X, 696 S.) B., J. Springer. Geb. in Leinw. N. 12.

Aide-mémoire d'électrotechnique.

HENTZE, Ingen. (Willy). — Analytische Berechung elektrischer Leitungen. Mit 37 in den Text gedr. Fig. gr. 8°. (V, 81 S.) Berlin, J. Springer. — München, R. Oldenbourg (Ausliefer. durch J. Springer). Geb. N. 3.

Calcul analytique des conducteurs électriques.

HOPPE, Doz. (Osk.). — Elementarer praktischer Leitfaden der Elektrotechnik in technisch-wissenschaftlichem Zusammenhange m. der Maschinen-, Berg-u. Hütten-Technik, aufgebaut auf der techn. Mechanik als der gemeinsamen Grundlage f. das Gesamtgebiet der Technik u. der erklär. Naturwissenschaften f. Techniker u. Nichttechniker. Mit 37 Abbildgn. im Text. gr. 8° (XIV, 175 S.) Essen, G. D. Baedeker. Geb. in Leinw. N. 4.

Guide pratique élémentaire de l'électrotechnique.

Kapp (Gisb.). — Elektromechanische Konstruktionen. Eine Sammlg. v. Konstruktionsbeispielen u. Berechngn v. Maschinen u. Apparaten f. Starkstrom. Imp. 4° (VIII, 200 S. m. 54 Fig. u. 25 Taf.) B., J. Springer. — München, R. Oldenbourg. (Auslieferung durch Springer). Geb. in Leinw. N. 20.

Constructions électromécaniques.

Kapp (Gisbert). — Elektrische Kraftübertragung. Ein Lehrbuch f. Elektrotechniker. Deutsche Ausg. v. DD. L. Holborn u. K. Kahle. 3 Aufl. Mit zahlreichen in den Text gedr. Fig. gr. 8°. (VI, 338 S.) Berlin. J. Springer. — München, R. Oldenbourg (Auslieferg. durch. J. Springer). Geb. in Leinw. N. 8.

Transport électrique de la force.

Meissner, Ingen. (G.). — Die Kraftübertragung auf weite Entfernungen u. die Konstruktion der Triebwerke u. Regulatoren. 2. Aufl. v. Ingen. Jos. Krämer. 1. Bd. gr. 8°. (387 S. m. 30 Taf.) Jena, H. Costenoble. N. 18.

Le transport de la force à grande distance et la construction des roues et régulateurs.

Schiemann, Civ.-Ingen. (Max). — Bau u. Betrieb elektrischer Bahnen. Anleitung zu deren Projektierg., Bau u. Betriebsführg. Strassenbahnen. Mit 364 Abbildgn., 2 photo-lith. Taf., 3 Taf. Diagramme u. mehreren Fig.-Taf. 2. Aufl. gr. 8°. (VIII, 392 S.) L., O. Leiner. N. 12 ; — geb. in Leinw. bar 13.50.

Construction et exploitation des chemins de fer électriques.

Schmidt-Ulm, Ingen. (Geo.). — Die Wirkungsweise, Berechnung u. Konstruktion der Gleichstrom-Dynamomaschinen u. Motoren. Mit 204 Abbildgn., 33 Taf. Konstruktionsskizzzen u. 1 Diagrammtaf. gr. 8° (VIII, 272 S). L., N. Leiner. — N. 850 ; geb. in Leinw. bar. N. 9.60.

Calcul et construction des machines dynamos.

Zacharias, Ingen. (Johs). — Transportable Akkumulatoren. Anordnung, Verwendg., Leistg., Behandlg. u. Prüfg. derselben. Mit 59 Abbildgn. im Text, gr. 8°. (VIII, 259 S.) B., W. und S. Loewenthal. N. 7.

Accumulateurs transportables.

Zeitschrift f. Elektrotechnik. Red.: Dr. J. Sahulka. 16. Jahrg. 1898. 52 Hfte. gr. 8°. (I. Hft. 16 S. m. Fig.) Wien, Lehmann und Wentzel in Komm. Bar. N. 16.

Revue de l'électrotechnique.

X. — **Architecture.**

Adami. — Baumstr. Baugewerksch.-Lehr. (H.). — Entwürfe f. Ziegelrohbau. Wohnhäuser f. Stadt u. Land, Villen, Geschäftshäuser, öffentl. Bauten etc. 1. Thl. 30 Farbendr.-Taf. gr. Fol. (1 Bl. Text,) B., B. Hessling. In Mappe N. 36.

Projets de constructions en briques crues.

Aufleger, Archit. (Otto). — Mittelalterliche Kunstdenkmale Bambergs. Der Dom zu Bamberg, photographisch aufgenommen v. A. Mit geschichtl. Einleitg. v. Priv.-Doc. Dr. Art. Weese. (In 2 Abtlgn.) 1. Abtlg. Fol. (30 Lichtdr.-Taf. m. 1 Bl. Text.) München, L. Werner. In Mappe. N. 30.

Les monuments du moyen âge à Bamberg. — La cathédrale de Bamberg.

Baukunst, die, hrsg. v. R. Borrmann u. R. Graul. 1. Jahrg. 1. Hft. gr. 4°. B., W. Spemann. N. 3.

Luthmer, Prof. Dr. (Ferd.). — Das deutsche Wohnhaus der Renaissance. (16 S. m. 17 Abbildgn. u. 8 Lichtdr.-Taf.)

Les maisons allemandes de la Renaissance.

Ebe, Archit. (Gust.). — Die Schmuckformen der Monumentalbauten aus allen Stilepochen seit der griechischen Antike. Ein Lehrbuch der Dekorationssysteme f. das Aussere u. Innere. VII. Thl. 2 klassizir. Barockperiode. gr. 4°. (3. Bd. S. 1-191 m. 137 Abbildgn.) B., W. und S. Loewenthal. N. 16.

Les formes ornementales des monuments dans les différents styles, depuis l'antiquité grecque (7e partie : le baroque).

—— Die Schmuckformen der Monumentalbauten aus allen Stilepochen seit der griechischen Antike. Ein Lehrbuch der Dekorationssysteme f. das Aussere u. Innere. (In 8 Thln.) 8. Thl. Rokoko u. Klassizismus. Mit 133 Textabbildgn. gr. 4°. (3. Bd. VIII u. S. 193-359.) B., W. und S. Loewenthal. N. 16.

Les formes ornementales des monuments dans les différents styles, depuis l'antiquité grecque (8e partie : Rococo et classique).

Lambert u. Stahl. — Villen in Holz u. Stein. 17. Lfg. St., Wittwer 7.50.

Villas en bois et pierre.

Leidich, Reg.-Baumstr. — Die Kirche u. der Kreuzgang des ehemaligen Cistercienserklosters in Pforta [Aus : « Zeitschr. f.

Bauwesen ».] gr. Fol. (15 S. m. 16 Abbildgn. u. 4 Kpfr.-Taf.) B.-W. Ernst und Sohn.

L'église et le cloître des Cisterciens à Pforta.

Licht, Stadtbaudir (Hugo). — Architektur der Gegenwart. Uebersicht der hervorragendsten Bauausführgn. der Neuzeit. Mit Text v. Dr. A. Rosenberg. 16. Lfg. gr. Fol. (22 Lichtdr. u. 3 lith. Taf. m. Text, 4. Bd. V, 28 S.) B.-E. Wasmuth. In Mappe. N. 25.

L'architecture du temps présent.

Macke (Adf.). — Die Baukunst als Steinbau. Eine Darstellg. der konstruktiven u. ästhet. Entwicklg. der Baukunst. Mit 138 Taf. Abbildgn. gr. 8°. (VII, 230 S.) Basel, B. Schwabe. Geb. in Halbleinw. N. 28 —

L'architecture des constructions en pierres.

Ohmann, Prof. Archit. (Frdr.). — Architektur u. Kunstgewerbe der Barockzeit, des Rococo u. Empires aus Böhmen u. anderen österreichischen Ländern. Mit begleit. Text. v. Prof. Karel B. Madl. 2. Lfg. Fol. (10 Lichtdr.-Taf. m. 2 S. Text.) Wien. A. Schroll und C°. Bar. N. 10 —

L'architecture à l'époque du baroque, du rococo et de l'empire, en Bohême et pays autrichiens.

—— Barock. Eine Sammlg. v. Plafonds, Cartouchen, Consolen, Gittern, Möbeln, Vasen, Ofen, Ornamenten, Interieurs, etc., zumeist in kaiserl. Schlössern, Kirchen, Stiften u. andere Monumentalbauten Osterreichs aus der Epoche Leopold I. bis Maria Theresia, aufgenommen u. gezeichnet v. O. 2. Aufl. 4. u. 5. (Schluss-) Lfg. Fol. (22 Lichtdr.-Taf.) Ebd. Bar à N. 8 —

Exemples du style baroque en Autriche.

Rückwardt, Archit. Hofphotogr. (Herm.). — Cölner Neubauten. Eine Sammlg. der schönsten Façaden der in der Neuzeit in Cöln a. Rh. ausgeführten Bauten. Photographische Orig-Aufnahmen nach der Natur. In Lichtdr. hrsg. 3. [Titel-] Aufl. 3. Lfg. Fol. (10 Taf.) B. (1891), M. Spielmeyer. N. 12 —

Les nouvelles constructions de Cologne.

Sesselberg (Frdr.). — Die skandinavische Baukunst der ersten nordisch-christlichen Jahrhunderte, in ausgewählten Beispielen bildlich vorgeführt. Imp.-Fol. (26 Lichtdr.-Taf. m. 3 Bl. Text.) Nebst Textbd. : Die früh-mittelalterliche Kunst der germanischen Völker. Unter besond. Berücksicht. der skandinav. Baukunst in ethnologisch-anthropolog. Begründg. dargestellt. gr. Fol. (VII, 146 S. m. 500 Fig.) B.-E. Wasmuth. In Mappe Text kart. N. 150 —

L'architecture scandinave des premiers siècles chrétiens.

VI. — Chemins de fer. — Tramways. — Automobiles.

ALLEN (George T.). — Tables of Parabolic Curves for the Use of Railway Engineers and others. 12°, pp. 50. Spons 4/.
Tables des courbes paraboliques pour les ingénieurs de chemins de fer.

FULLER (Harnett John). — The Preparation of Parliamentary Plans for Railways. 8°, pp. 40. « Engineer » Office. Net 2/6.
Préparation des projets de chemins de fer pour le Parlement.

MILLS (W.-H.). — Railway Construction (Longmans' Civil Engineering Series). 8°. Longmans. Net 18/.
Construction des chemins de fer.

VII. — Génie rural. — Assainissement. — Distribution d'eau.

BOULNOIS (H. Percy). — The municipal and Sanitary Engineer Handbook. 3rd ed., Revised and Enlarged. 8°, pp. 492. Spons. 15/.
Manuel de l'Ingénieur municipal et hygiéniste.

BURTON (W.-K.). — The Water Supply of Towns and the Construction of Watersworks : A Practical Treatise for the Use of Engineers ant Students of Engineering. With numerous Plates and other Illusts. 2nd ed., Revised and Extended. Roy. 8°, pp. 334. Crosby Lockwood and Son. 25/.
Distribution des eaux urbaines et exécution des travaux.

COLEMAN (T.-E.). — Stable Sanitation and Construction. With 183 Illusts. Cr. 8°, pp. 226. Spons. 6/.
Construction et assainissement des étables.

SPINKS (Wm.). — House Drainage : A Guide to the Design and Construction of Systems of Drainage and Sewage Disposal from Houses. With Tables, Illustrations, Extracts from the Public Health Acts, Metropolis Management Acts, and Model By-Laws Relating to House Drainage. 8°, pp. 326. Biggs. 5/.
Drainage des eaux ménagères.

VIII. — Machines.

EWING (J.-A.). — The Steam-Engine and other Heat-Engines. 2nd ed. Roy. 8°, pp. 472. Cambridge University Press. 15/.
Machines à vapeur et autres machines calorifiques.

Halliday (George). — Steam Boilers (Arnold's Practical Science Manuals). Cr. 8°. Arnold. Red. 5/.

Chaudières à vapeur.

Hutton (Walter-S.). — Steam Boiler Construction : A Practical Handbook for Engineers, Boilers-makers and Steam Users. Containing a Large Collection of Rules and Data Relating to Recent Practice in the Design, Construction and Working of all Kinds of Stationary, Locomotives and Marine Steam Boilers. With upwards of 500 illusts 3rd ed., carefully Revised and much Enlarged. 8°, pp. 505. Crosby Lockwood and Son. 18/.

Construction des chaudières à vapeur.

Reed's Useful Hints to Sea-going Engineers, and How to Repair and Avoid « Breakdowns »; also Appendices containing Boiler. Explosions, Useful Formulæ, etc. With 42 Diagrams and 8 Plates 3rd ed., revised and Enlarged. Cr. 8°, pp. 242. Simpkin. 36/.

Avis pratiques aux mécaniciens de navires de mer, et moyens d'éviter et de réparer les avaries.

Reed's Dravings of Types of Steamships. With index. Simpkin. In cloth case, 6/; in cloth and rollers, 10/.

Recueil de types de navires à vapeur.

Sennett (Richard) and Oram (Henry J.). — The Marine Steam Engines : A Treatise for Engineering Students, Young Engineers and Officers of the Royal Navy and Mercantile Marine. With numerous Diagrams, 3rd ed., Revised and largely Re-written, by H.-J. Oram. Roy. 8°, pp. 532. Longmans. 21/.

Machines à vapeur marines.

IX. — Électricité appliquée.

Bell (James) and Wilson (S.). — Practical Telephony. Adapted to the Requirements of the City and Guilds of London Institute. Cr. 8°, limp, pp. 296. « Electricity » Office. 2/6.

Téléphonie pratique.

Bottone (S.-R.). — Radiography and the « X » Rays in Practice and Theory. With Constructional and Manipulatory Details. With 47 Illusts. (Library of Art, Science and Industries.) Cr. 8°, pp. x-176. Whittaker. 3/.

Radiographie et les rayons X; pratique et théorie.

Hyng (M.) and Bell (F.-G.). — A Popular Guide to Commercial and Domestic Telephony. Cr. 8°, pp. 164. Whittaker. 2/6.

Guide populaire de téléphonie.

FLEMING (J.-A.). — Magnets and Electric Currents. An Elementary Treatise for the Use of Electrical Artisans and Science Teachers. Cr. 8°, pp. 424. Spons. 7/6.
Courants magnétiques et électriques.

GRAY (Andrew). — A Treatise on Magnetism and Electricity. 2 vols. Vol. 1. Roy. 8°, pp. 498. Macmillan. Net, 14/.
Traité de magnétisme et d'électricité.

HENDERSON (John). — Practical Electricity and Magnetism. (Physical and Electrical Engineering Laboratory Manuals, Vol. 2). Cr. 8°, pp. 404. Longmans. 6/6.
Électricité et magnétisme pratiques.

ISENTHAL (A.-W.) and WARD (H. Snowden). — Practical Radiography. A Handbook of the Applications of the X-Rays. With many Illustrations. The 2nd ed. entirely Re-written and Up-to-Date. 8°, pp. 158. Dawbarn and Ward. Net, 2/6.
Radiographie pratique.

JUDE (R.-H.). — First Stage Magnetism and Electricity. Tested from the Standpoint of Potential and Potential-Gradient. For the Elementary Examination of the Science and Art Department. With 133 Illusts. and numerous Exercises and Examination Questions. (The Organised Science Series.) Cr. 8°. pp. 358. Clive. 2/.
Traité élémentaire de magnétisme et d'électricité.

SLOANE (T. O'Connor). - The Standard Electrical Dictionary. A Popular Encyclopædia of Words and Terms used in the Practice on Electrical Engineering. 2nd ed., with Appendix to Date. Cr. 8°, pp. 682. Crosby Lockwood and Son. 7 6.
Dictionnaire des mots et termes employés dans la pratique de l'électricité.

THOMPSON (Silvanus-P.) and THOMAS (Eustace). — Electrical Tables and Memoranda. New ed. Obl. 64°. leather, pp. 134. Spon. 1/.
Tables électriques et aide-mémoire.

WIENER (Alfred-E.). — Practical Calculation of Dynamo Electric Machines : A Manual for Electrical and Mechanical Engineers and a Text-book for Students of Electro-Technics. Illust. 8°, pp. xxiv-683. W.-J. Johnston Co (New-York). Whittaker. 12.
Calcul pratique des dynamos.

WILSON (Ernest). — Electrical Traction. (Arnold's Practical Science Manual.) 12°, pp. 262. Arnold. 5/.
Traction électrique.

X. — Architecture.

Academy Architecture and Architectural Review, 1897. Vol. 12. 4°, pp. 148. Office. Sd, net 4/; 4/10.
Revue d'architecture de l'Académie.

FLETCHER (Banister-F.) — The Influence of Material on Architecture. Folo, bds, pp. 26 and Plates. Batsford. 5/.
Influence des matériaux sur l'architecture.

FLETCHER (Banister) and FLETCHER (Banister F.). — A History of Architecture for the Student, Craftsman and Amateur: Being a Comparative View of the Historical Styles from the Earliest Period. With 115 Plates, mostly Collotypes, and other Illusts. in the Text, 3rd ed., Revised. Cr. 8°, pp. 332. Batsford. 12/6.
Histoire de l'architecture.

MIDDLETON (G.-A.-T.). — Architectural Photography. Practical Lessons and Suggestions for Amateurs (Amateur Photographer's Library, n° 15). Cr. 8°, limp. pp. 80. Hazell. 1/.
Photographie architecturale.

XII. — Divers.

Laxton's Builders' Price Book fr. 1898, 8ist ed. Cr. 8°, pp. 818. Kelly. 4/.
Série de prix du constructeur pour 1898.

Lockwood's Builder's, Architect's, Contractor's and Engineer's Price Book for 1898. A Comprehensive Handbook of the Latest Prices of every kind of Material and Labour in Trades connected with Building. Including many useful Memoranda and Tables. Edited by Francis T.-W. Miller. With a Supplement containing the London Building Act, 1894, and other Enactments relating to Buildings in the Metropolis with the By-laws and Regulations now in Force, and Notes of all Important Decisions in the Superior Courts. Cr. 8°. Crosby Lockwood and Son. 4/.
Série de prix pour constructeurs, architectes et ingénieurs. pour 1898.

Low (David-Allan). — A Pocket-Book for Mechanical Engineers. With over 1.000 Illustrations. 18°, pp. 748. Longmans. 7/6.
Livre de poche des mécaniciens.

MILFORD (Philip). — Pocket, Dictionary of Mining Terms. 3rd ed. Roy. 24°, limp, pp. 60. E. Wilson. Net, 1/.
Dictionnaire de poche des termes miniers.

Redwood (Iltyd-I.). — Lubricants, Oils and Greases. Treated Theoretically and giving Practical Information regarding their Composition, Uses and Manufacture. A Practical Guide for Manufacturers, Engineers and Users in General of Lubricants. 8°, pp. 64. Spon. 4/6.

Matières lubrifiantes : Graisses et huiles.

OUVRAGES ITALIENS.

V. — **Travaux maritimes.**

Zainy (D.). — Sul completamento delle difese e della costruzione di uno stabilimento di raddobbo pel porto di Napoli. Napoli, tip. della Società anonima cooperativa, 1898, 8°, p. 25, con tre tavole.

Achèvement des ouvrages de défense et de la construction d'un établissement de radoub dans le port de Naples.

VII. — **Génie rural. — Assainissement. — Distribution d'eau.**

Boldini (C.), Romano (G.-A.) e De Kiriaki (A.-S.). — La fognatura delle città : studio medico, tecnico, legale, con prefazione di Alessandro Pascolato. Venezia, stab. tip. lit. succ. M. Fontana, 1898, 8°, p. xvij-320, con quattro tavole.

1. L'iglene, le scienze ausiliarie di essa e canoni igienici fondamentali. 2. Inquinazione del terreno e dell'aria e sue conseguenze. 3. Le cloache, le fogne ed il colera. 4. Le cloache, le fogne, il tifo e la difterite. 5. La peste ed il culto dell'igiene di Venezia antica. 6. Il colera ed il tifo in Venezia e le sue fogne e cloache ; riforma necessaria di queste. 7. Descrizione sommaria dei sistemi di raccolta e smaltimento. 8. Studio critico sui diversi sistemi di raccolta e di smaltimento delle materie escrementizie ed altre immondezze delle abitazioni. 9. Condizioni odierne di Venezia in fatto di raccolta e smaltimento delle deiezioni umane, dei rifiuti ed acque luride delle cucine e delle acque meteoriche. 10. Qual modo di raccolta e smaltimento delle materie provenienti dai cessi ed acquai delle latrine e degli orinatoi pubblici sia di preferenza indicato per

Venezia e quanto altro occorra al risanamento di essa. 11. La questione dei riguardi economici. 12. La questione dei riguardi politicogiuridici.

L'assainissement de Venise. — Étude médicale, technique et administrative.

Rustini ing., Filadelfo, Spadon ing. (Ces.) e Villoresi ing. (Lu.). — Relazione della commissione nominata dal ministero dei lavori pubblici con decreto 5 novembre 1893, n° 8857 per lo studio e proposta di un riparto delle acque dell'Adda fra i canali Muzza, Retorto e roggia di Cassano. Milano, stab. tip. P.-B. Bellini, 1897, 8°, p. VII, 387, con cinque tavole.

1. Premesse generali. 2. Quantità d' acqua occorrente alla roggia di Cassano a termini della convenzione. 3. Determinazione delle superficie attualmente irrigate dai canali Retorto e Muzza. 4. Esame degli elementi che hanno influenza sulla quantità d' acqua necessaria all' irrigazione. 5. Competenza di diritto della roggia di Cassano. 6. Competenza di diritto del canale Retorto. — 7. Diritti del canale Muzza. 8. Riparto delle acque dell' Adda fra i canali Muzza e Retorto durante le deficenze del fiume nel periodo della irrigazione estiva, a termini della convenzione 10 maggio 1893. 9. Conseguenze dell' assegnazione alla roggia di Cassano della portata stabilita dalla convenzione. 10. Riparto dell' acqua d' inverno. 11. Modo di attuazione dei riparti fra i canali Muzza e Retorto. 12. Osservazioni sulla quantità d' acqua utilizzata attualmente dai canali Muzza e Retorto per la irrigazione estiva. 13. Schema di convenzione tra le parti interessate per l'attuazione delle proposte della commissione. 14. Appendici.

Rapport de la commission chargée d'étudier la répartition des eaux de l'Adda entre les canaux Muzza, Retorto et roggia di Cassano.

Sarzolla, ing. (Cav.-Ben.). — Consorzio per la distribuzione d' acqua di Serino nei comuni di Somma Vesuviana, Ottajano, S. Giuseppe Vesuviano, Scafati, Boscoreale, Boscotrecase e Torre del Greco : progetto di massima. Napoli, tip. Angelo Trani, 1897, 8°, p. 42.

Syndicat pour la distribution d'eau du Serino dans les communes de Somma, Ottajano, Saint-Giuseppe, Scafati, Boscoreale, Boscotrecase et Torre del Greco.

Santini, ing. (Umb.). — La costruzioni rurali. Milano, stab. tip. della casa edit. dott. Francesco, Vallardi, 1898, 16°, fig., p. 165. L. 2.

1. Fabbricati d'abitazione. 2. Fabbricati per gli animali domestici. 3. Particolari dei fabbricati destinati ad abitazione di animali. 4. Fabbricati per il ricovero delle macchine e di alcuni prodotti. 5. Accessori dei fabbricati. 6. Costruzioni destinate a raccogliere le acque potabili. 7. Fabbricati per l' esercizio di alcune industrie rurali. 8. Disposizioni e distribuzione di caseggiati rustici. 9. Cenni sulle spese inerenti a fabbricati rurali. — Biblioteca Vallardi ; piccola enciclopedia illustrata.

Les constructions rurales.

X. — **Architecture.**

Atti dell' ottavo congresso degli ingeneri ed architetti italiani in Genova : settembre 1896. Genova, tip. istituto Sordomuti, 1897, 8°, 2 vol. (p. LXXVJ-214; 280).

I. Resoconti. — II. Memorie preliminari, dati statistici e conferenze. 1. L'architettura nella storia della civiltà : conferenza di Angelo Coppola. 2. Il Sempione ; il S. Bernardo; Loetschberg : conferenza di C. Canovetti. 3. Ferrovie a trazione elettrica su forti pendenze : sunto di conferenza di Cesare Ratti.

Actes du huitième Congrès des Architectes et Ingénieurs italiens à Gênes.

Benvenuti Siroe. — Il muratore architetto : manuale pratico illustrato per la costruzione di case civili, operaie e coloniche, per uso dei maestri muratori. Certaldo, tip. Benvenuti, 1897, 4°, p. 39, con venti tavole.

L'architecte-constructeur, manuel pratique illustré.

Ghelli, ing. (Pietro). — Progetto della nuova aula del Parlamento : ventilazione, riscaldamento, refrigeramento, illuminazione. Roma, tip. Tiberina di F. Setth, 1897, 8°, p. 63.

Projet de la nouvelle salle du Parlement.

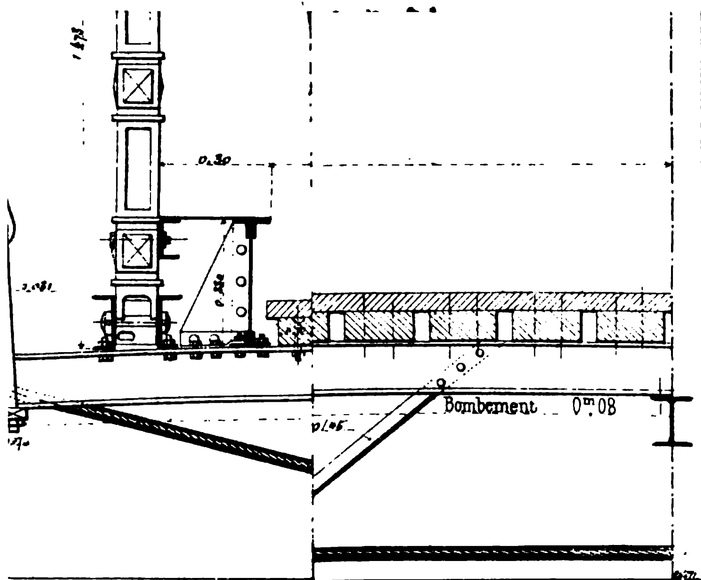
Mora, ing. (Fr.), e Monaco, ing. (Ed.). — Relazione che accompagna il progetto di una nuova aula per la camera dei deputati nel palazzo di Montecitorio. Roma, tip. dell' Unione cooperativa editrice, 1898, 8°, p. 75, con due tavole.

Rapport accompagnant le projet d'une nouvelle salle pour la Chambre des députés.

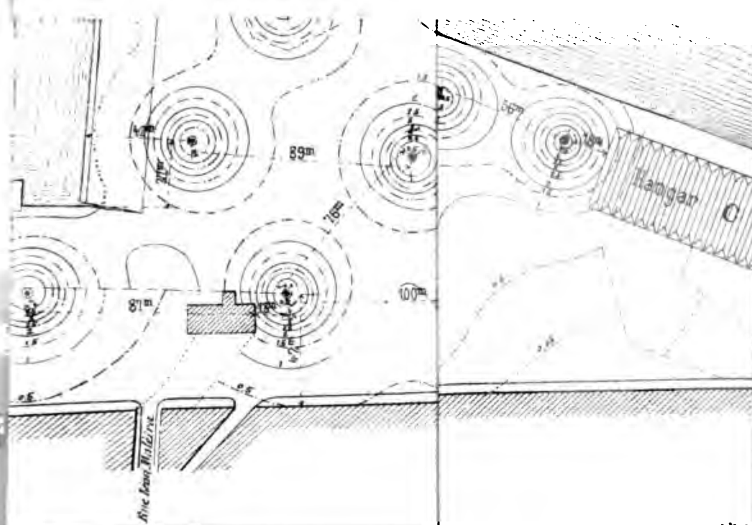
1898. — 2e TRIMESTRE.

TABLE DES MATIÈRES

PAR ORDRE D'INSERTION.



L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.



urtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

de l'attac





S… de l'attache de la lampe

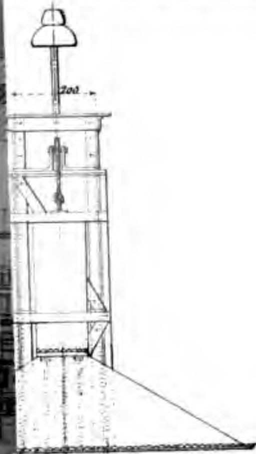
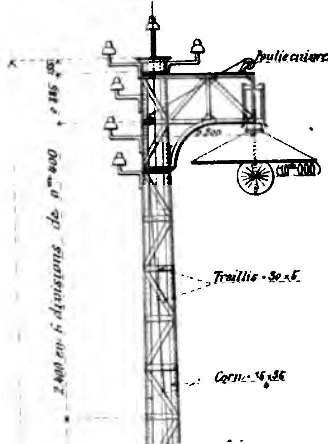
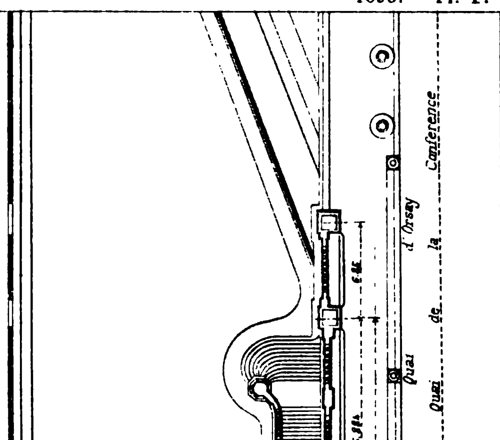


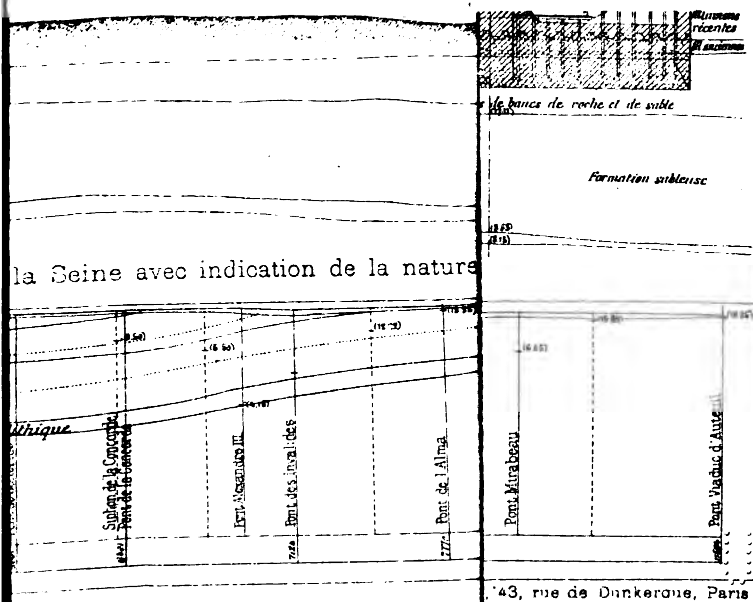
Fig. 4. — Vue de côté d'un pylone

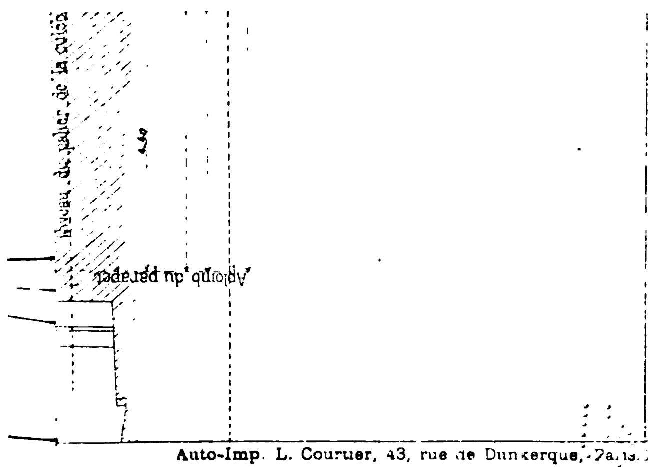


C

les




récentes
de bancs de roche et de sable
Formation sableuse
la Seine avec indication de la nature
Siphon de la Concorde
Pont de la Concorde
Pont Alexandre III
Pont des Invalides
Pont de l'Alma
Pont Mirabeau
Pont Viaduc d'Aute
43, rue de Dunkerque, Paris



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

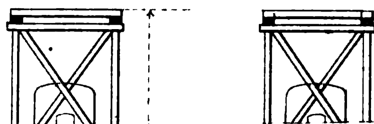
CTI

des

CTION DU P

e.

des culées

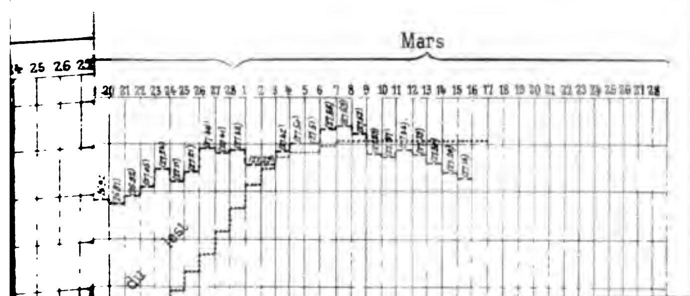


25

20 21 [illegible]

IT A 1898 Pl. 8

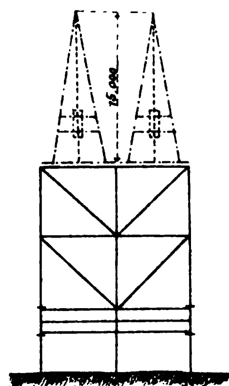
s de



Montage de la charpente

longitudinale

Fig. 12. — Elèvation transversale



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

rint

[illegible]

r intérieur de chaudière verticale (24 Février.)

Fig. 11.



Fig. 12.

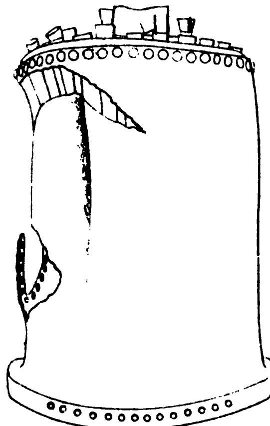


Fig. 14.
e l'extrémité arrière d'un
flamme renversée montrant en A
ent d'une corrosion (26 Mars)

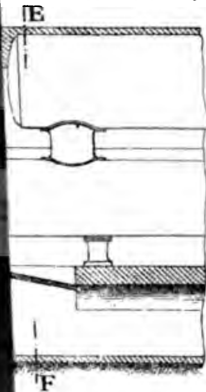


Fig. 15
Coupe suivant EF de la Fig. 14

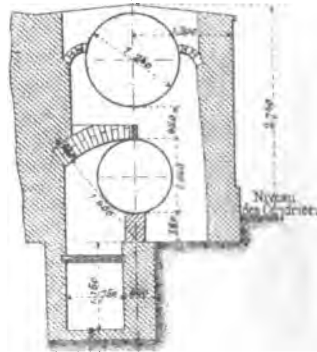


Fig 17
autoclave de forme vicieuse

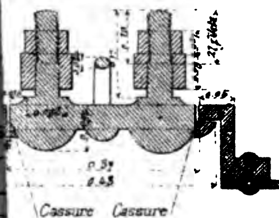
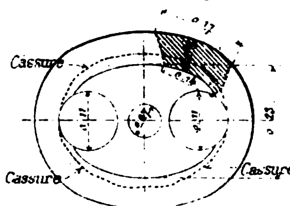


Fig. 18. Rupture d'un tampon
dont la coupe est donnée Fig 17 (7 Avril)



Auto-Imp L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

nblage
Naeyer

Fig. 35. Coupe transversale
de l'orifice de chargement du lessiveur Fig 34

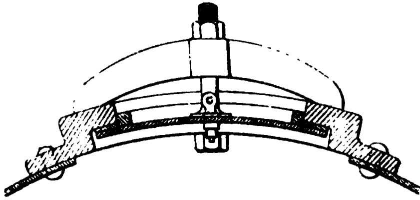
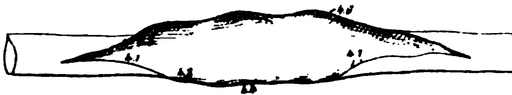
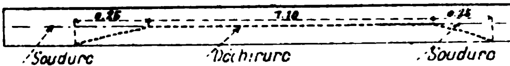


Fig. 38.
Décollement de soudure d'un tube vaporisateur mal fabriqué
(17 Août)





ur transversal
re verticale)
(23 Mai)

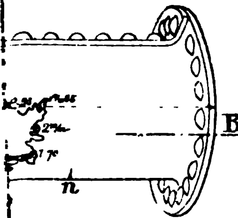


Fig. 32
Coupe suivant CD de la Fig. 31

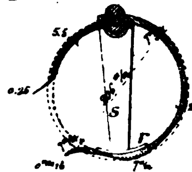
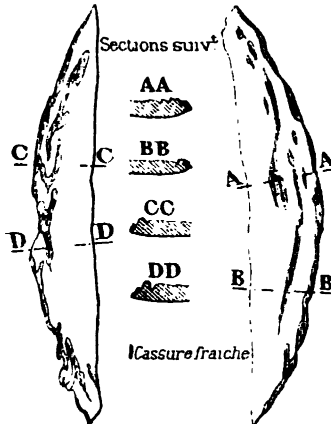


Fig. 36.
Détails divers relatifs à
la détérioration périphérique
d'un fond embouti (19 Juillet)

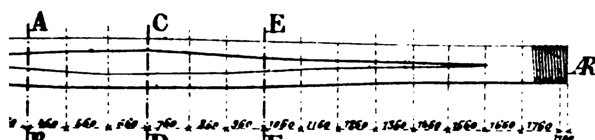


ig 31.

.28
igé périph... point de
raise forme... g 36.

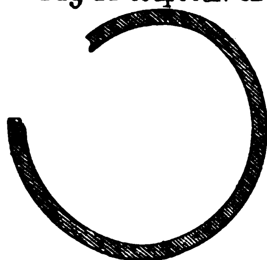
... de rupture

Fig. 42.
re d'un tube vaporisateur dont la constitution présentait
peut être une anomalie
r la cause de la surchauffe, voir Fig. 40 et 41 (10 Novembre)



s du tube. Fig. 42.

Fig. 44. Coupe suiv^t CD



suiv^t EF

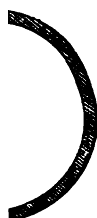
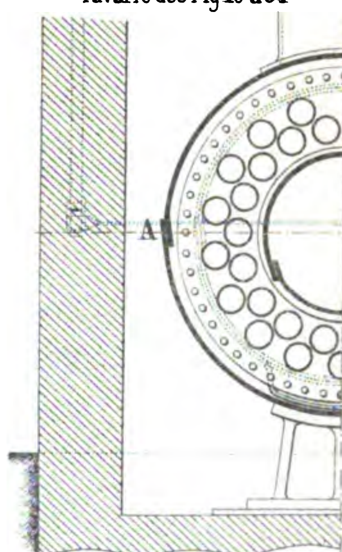
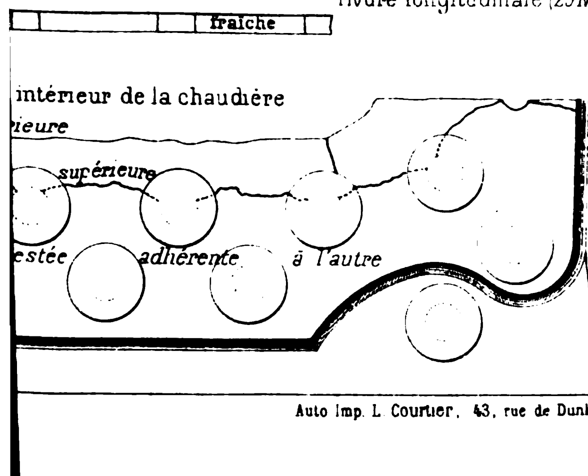


Fig 48. Demi coupe partielle montrant en A l'emplacement de la rivure suivant laquelle s'est faite l'avarie des Fig 49 à 54



nent à la Fig 49)

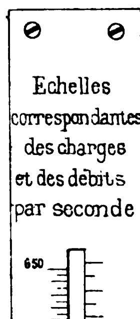
Fig. 48 à 54. Rupture le long d'une rivure longitudinale (29 Novembre)



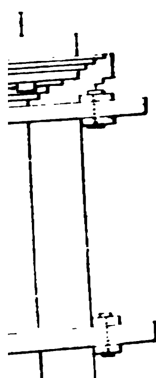
Auto Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque Paris

de transformation
de réglage

Fig. 5.
Échelles jointes
à
l'enregistreur



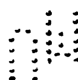


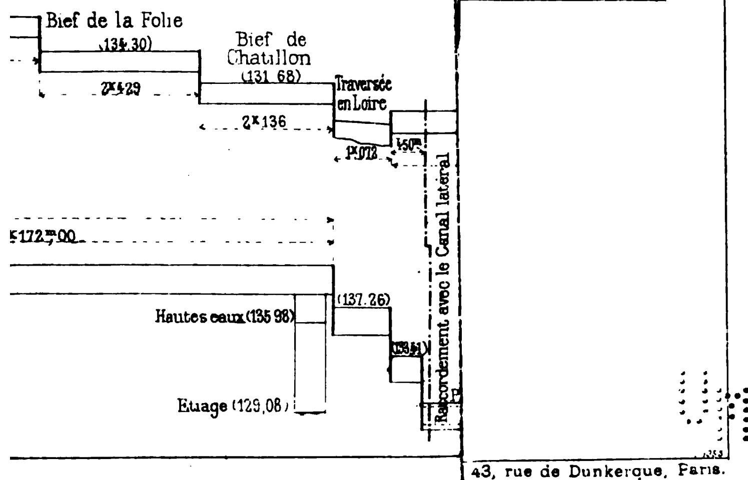


Echelles

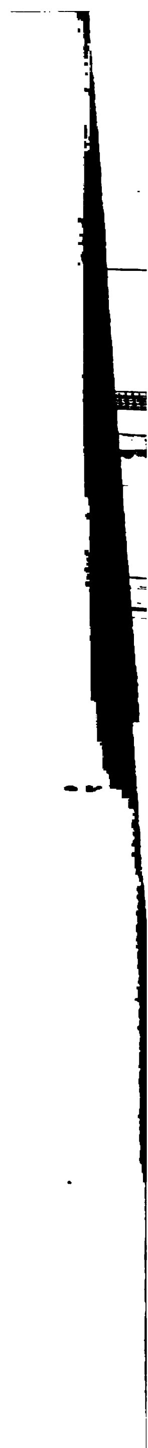
Fig 1,2 et 3 0 01 p m

Fig 4 et 5 0 05 p m



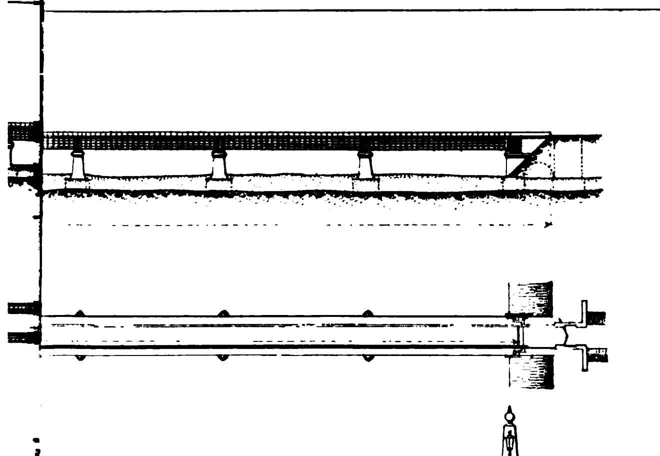


43, rue de Dunkerque, Paris.



CA

1898. Pl. 16.




ela t

Fi e la travée de la Loire



Fig. 18 à 21. Vannes des aqueducs de vidange

Fig. 1. E

Fig. 8. Coupe 2,2

Fig. 18. Elévation

Fig. 19. Coupe QR

U V

espiles

DE BRIAR

1898 Pl. 20.

COU

Pile N° 7

Pile N° 14

Culée Rive droite

Caisson N° 1 Caisson N° 2 Caisson N° 4

Levée de la Loire

Caisson N° 3

Bief des Combles

Marne avec rognons calcaires

Marne jaunâtre

Calcaire dur très délité

(Rive droite)

es maçonneries découvertes

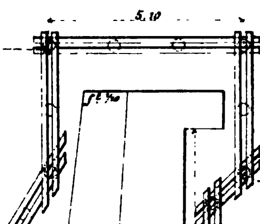
22.10

3.60

Maimbray

ssement

leté



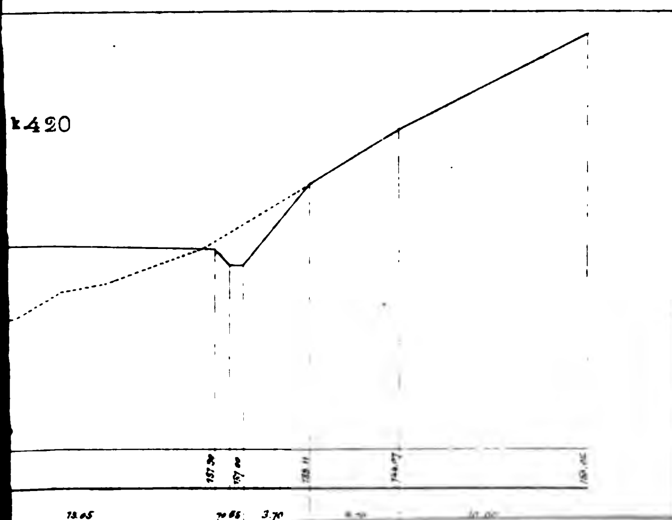
mont

(127.85

2.50

mp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

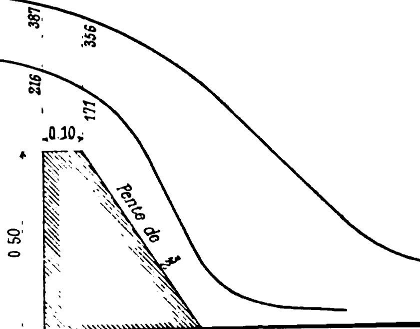




k420
3.70

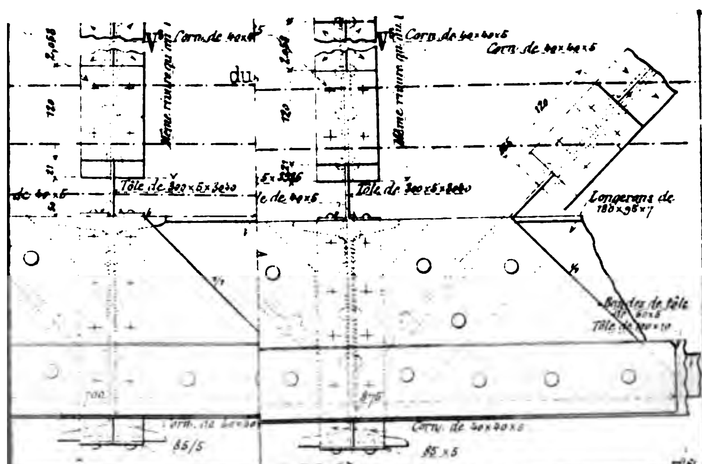
1898 Pl. 24.

ie N°134.

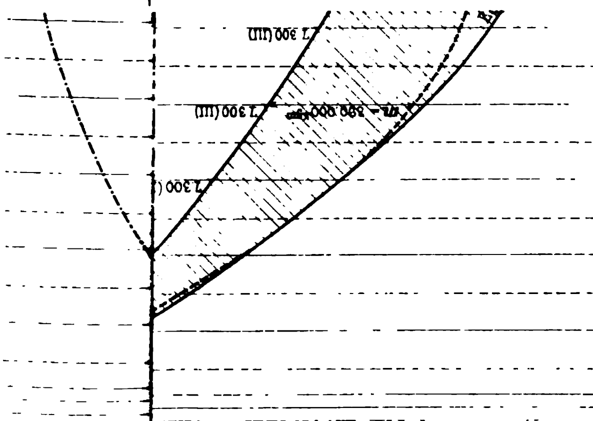
sur



h=0.391



to-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

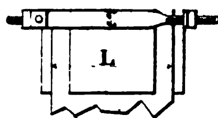


Fig.4. Coupe AB

Auto-Imp L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.



' Chemin de fer
de fer
pés temporairement

27337

Auto-Imp L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.